ĐẶNG XUÂN PHONG
ĐẶNG XUÂN PHÚ

CẨM NANG ĐỊA CHẤT

TÌM KIẾM - THĂM DÒ KHOÁNG SẢN RẮN



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



PGS. TS. ĐẶNG XUÂN PHONG
Tiến sĩ, 1971, tại Ba Lan
ĐT: 048.363340 - Mobile: 0912691363

ĐÃ NGHIÊN CỨU VÀ GIẢNG DẠY Ở CÁC TRƯỜNG:

- Đại học Bách khoa, Hà Nội
- Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội
- Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh
- Học viện Mỏ - Luyện kim, Krakov, Ba Lan
- Đại học Tổng hợp Tebessa, Angieri

ĐÃ XUẤT BẢN, IN CÁC SÁCH, BÀI GIẢNG CHÍNH:

- Cơ sở địa chất và Phương pháp tìm kiếm khoáng sản. ĐH Mỏ - Địa chất, 1977.
- Les gisements métallifères. ĐH Tebessa, 1990
- Geologie génerale. ĐH Tebessa, 1991.
- Phương pháp dự báo và tìm kiếm khoáng sản tỉ lệ lớn. ĐH Mỏ - Địa chất, 1998.
- Phương pháp tìm kiếm khoáng sản rắn. NXB Xây dựng, 2002.
- Phương pháp tìm kiếm và dự báo khoáng sản. ĐH Mỏ - Địa chất, 2002.
- Phương pháp tìm kiếm trọng sa. NXB Xây dựng, 2006.
- Cẩm nang địa chất. NXB Xây dựng, 2006.

- Chủ trì và tham gia nhiều đề tài NCKH, nhiều bài báo, BCKH trong và ngoài nước (2 đề tài cấp Nhà nước).
- Được tặng giải thưởng Hồ Chí Minh về KH & CN, năm 2005. (đồng tác giả)
- Được mời làm Hội viên Hội Địa chất TV Quốc tế (1995).

ĐẶNG XUÂN PHONG
ĐẶNG XUÂN PHÚ

CẨM NANG ĐỊA CHẤT

TÌM KIẾM - THĂM DÒ KHOÁNG SẢN RẮN

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2006

LỜI GIỚI THIỆU

Khoáng sản trong lòng đất đóng một vai trò rất quan trọng trong nền kinh tế của mỗi quốc gia.

Việc phát hiện, tìm kiếm, thăm dò và khai thác chúng vô cùng khó khăn và rất tốn kém, phải dùng nhiều kiến thức về địa chất, kinh tế cũng như nhiều ngành khoa học và kĩ thuật khác nhau.

Ngoài những lý luận tổng hợp về tạo quặng và quy luật phân bố chúng, cuốn sách bao quát được rất nhiều kiến thức cơ bản và hiện đại, được hệ thống hóa một cách logic bằng những định nghĩa ngắn gọn, những khái niệm dễ hiểu, những bảng biểu minh hoạ khái quát, những tài liệu tra cứu bổ ích về đá, quặng, khoáng sản nằm rải rác ở các sách khác nhau cũng như các phương pháp phân tích, nghiên cứu từ cổ điển đến rất hiện đại, các kĩ thuật trong công tác tìm kiếm, thăm dò khoáng sản.

*Hy vọng cuốn sách sẽ là "**Cẩm nang**" không những cho các nhà Địa chất mà còn làm tài liệu tham khảo cần thiết cho các nhà nghiên cứu, các nhà quản lý về tài nguyên và môi trường, các nhà doanh nghiệp và những người quan tâm đến khoáng sản.*

Tôi hoan nghênh sự ra đời của cuốn sách và xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc.

Hà Nội, tháng 6 năm 2006

Tiến sĩ. Phạm Khôi Nguyên

Thứ trưởng thường trực

Bộ Tài nguyên và Môi trường

LỜI NÓI ĐẦU

Mục tiêu cuối cùng của công tác địa chất là phát hiện khoáng sản trong lòng đất, đánh giá, khai thác và sử dụng hợp lý chúng trong nền kinh tế quốc dân.

Để tìm kiếm và thăm dò khoáng sản có hiệu quả phải nắm được quy luật phân bố của chúng, vận dụng những kiến thức tổng hợp về địa chất và khoa học kỹ thuật, kinh tế để hiểu biết các phương pháp tìm kiếm, thăm dò, sử dụng hợp lý khoáng sản trong hoàn cảnh kinh tế - kỹ thuật của mỗi nước, mỗi địa phương.

Các kiến thức đó rất rộng bao gồm nhiều lĩnh vực và được giới thiệu trong nhiều sách về địa chất, khoáng vật, thạch học, địa hoá, địa vật lý, kiến tạo, tìm kiếm thăm dò, khoan, khai đào, toán địa chất, tin học, quản trị kinh doanh, môi trường ...

"Cẩm nang địa chất tìm kiếm - thăm dò khoáng sản rắn" *không có tham vọng giới thiệu những kiến thức nêu trên, nhưng cung cấp những kiến thức cơ bản và hay dùng nhất trong công tác địa chất, nhất là tìm kiếm, thăm dò khoáng sản.*

Cuốn sách còn là tài liệu tra cứu các khoáng vật tạo đá, tạo quặng, các khoáng vật trọng sa, nguồn gốc và điều kiện thành tạo khoáng vật cũng như các phương pháp lấy, gia công và phân tích mẫu, các phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất quặng phương pháp tìm kiếm, thăm dò và các lĩnh vực sử dụng khoáng sản.

Vì thế, ngoài cẩm nang của các nhà địa chất, cuốn sách còn làm tài liệu tham khảo bổ ích cho các kỹ sư khai thác, các ngành địa chất có liên quan, các nhà quản lý tài nguyên - môi trường, các doanh nghiệp chế biến, khai thác và kinh doanh khoáng sản.

Tác giả chân thành cám ơn sự giúp đỡ và động viên của các đồng nghiệp, sự chuẩn bị bản thảo và hình vẽ của các cán bộ Khương Thế Hùng, Trịnh Thanh Huyền, Phạm Thị Mai, Trần Thị Vân Anh.

Trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc và hoan nghênh những ý kiến đóng góp quý báu với tác giả.

Tác giả

Phần I

ĐẠI CƯƠNG

Chương I

CƠ SỞ ĐỊA CHẤT

1.1. CÁC ĐỊNH NGHĨA VÀ KHÁI NIỆM HAY DÙNG

1.1.1. Khoáng vật

Khoáng vật là một tập hợp tự nhiên của một hay nhiều nguyên tố, sinh thành trong những điều kiện hoá lý và địa chất nhất định, được liên kết chặt chẽ với nhau dưới những hình dáng khác nhau.

Hình dáng tinh thể của khoáng vật gồm 3 dạng cơ bản:

- Dạng đẳng thước: hình lập phương của pyrit, hình 8 mặt của magnetit, hình 12 mặt của granat...

- Dạng kéo dài theo một phương: hình kim, que...

- Dạng kéo dài theo hai phương: hình lá, vảy, hình tấm (ảnh 1, ảnh 2).

Trong tự nhiên các khoáng vật được thành tạo trong 7 tinh hệ, gồm 1026 dạng tinh thể, đó là:

- Lập phương: 153 dạng tinh thể; ví dụ, trên hình 1.1.

- Bốn phương: 80 dạng tinh thể (hình 1.2).

- Sáu phương và ba phương: 180 dạng (hình 1.3 và hình 1.4).

- Trực thoi: 256 dạng (hình 1.5).

- Đơn xiên: 303 dạng (hình 1.6).

- Ba xiên: 54 dạng (hình 1.7).

Chúng tập hợp trong 32 dạng đối xứng (bảng 1.1).

1.1.2. Quặng

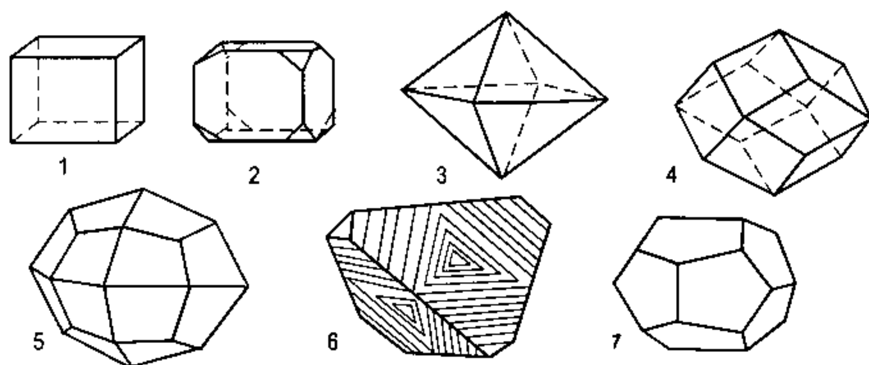
Quặng là những tập hợp khoáng vật trong đó chứa các hợp phần có ích đủ để sử dụng trong công nghiệp.



***Ảnh 1:** Tinh thể hình tấm, que của erythrit*
mỏ Bou - Azzer, Maroc × 10

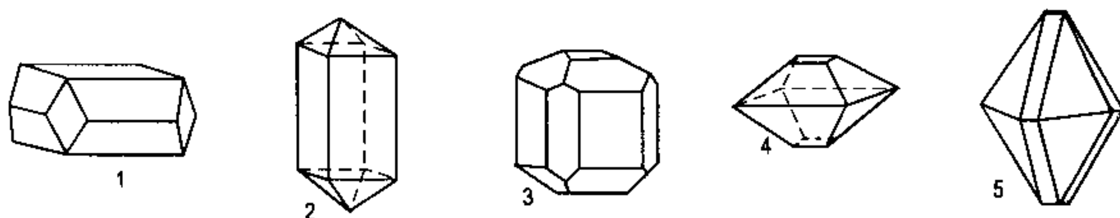


***Ảnh 2:** Tinh thể hình tấm 6 cạn của Vunfenil*
mỏ Chah - Kharbozé × 6



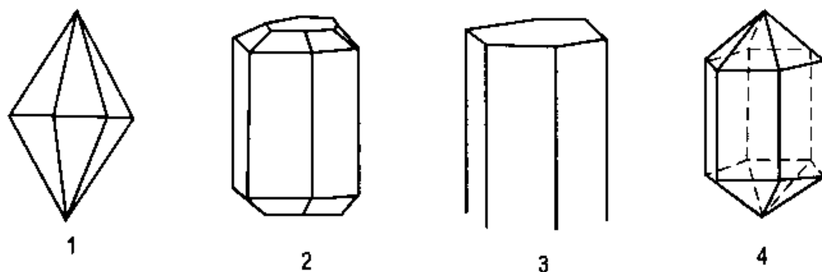
Hình 1.1: *Tinh hệ lập phương.*

1. Lập phương hoàn hảo (pyrit, peropkit); 2. Khối lập phương 8 mặt (galenit); 3. Khối 8 mặt (vàng, cromit, magnetit); 4. Khối 12 mặt thoi (granat, vàng); 5. Khối 24 mặt tứ giác (granat); 6. Khối 4 mặt của sphalerit; 7. Khối 12 mặt ngũ giác (granat...)



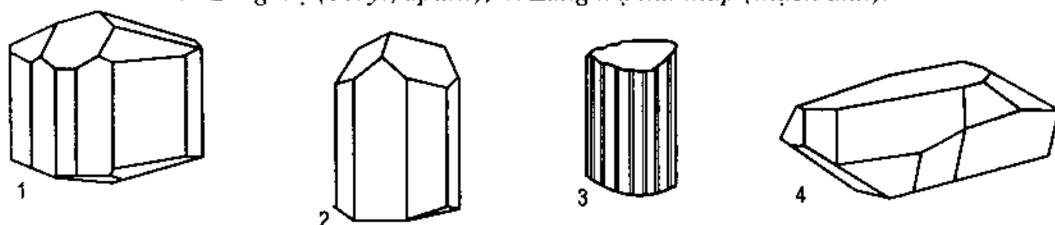
Hình 1.2: *Tinh hệ 4 phương.*

1. Anata; 2. Lăng trụ hai tháp 4 phương (zircon, brukit);
3. Lăng trụ kép (vezuvian); 4. Vunfenit; 5. Sheelit.



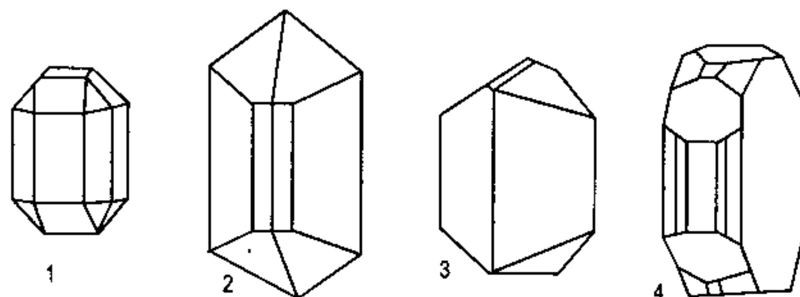
Hình 1.3: *Tinh hệ 6 phương.*

1. Hai tháp 6 phương (thạch anh, corindon); 2. Lăng trụ hai tháp tù (apatit);
3. Lăng trụ (beryl, apatit); 4. Lăng trụ hai tháp (thạch anh).

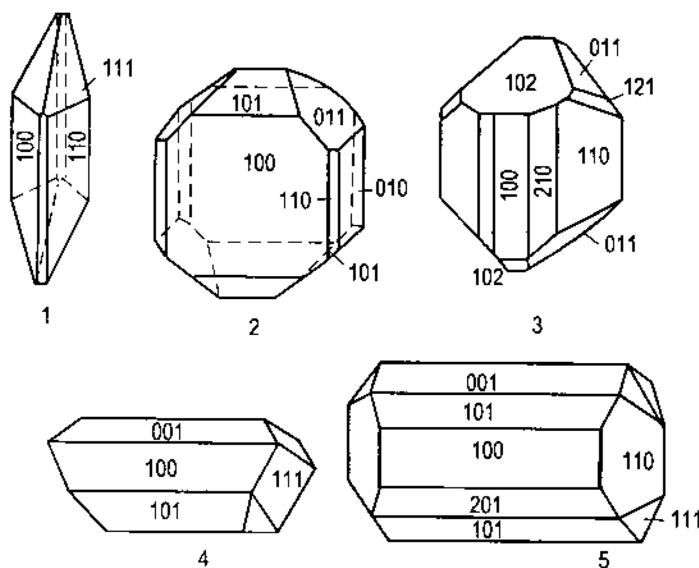


Hình 1.4: *Tinh hệ 3 phương.*

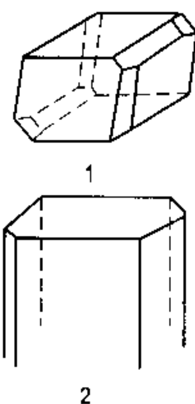
1, 2. Turmalin; 3. Turmalin dạng sọc; 4. Inmenit.



Hình 1.5: *Tinh hệ trực thoi.*
1. Lăng trụ hai tháp tù (olivin); 2. Lăng trụ hai tháp (topa);
3. Andaluzit; 4. Columbit - tantalit.



Hình 1.6: *Tinh hệ đơn xiên.*
1. Spinen; 2. Monazit; 3. Wonframit; 4, 5. Epidot



Hình 1.7: *Tinh hệ 3 xiên.*
1. Acxinit; 2. Kanit

Tuỳ theo thành phần người ta phân ra các nhóm sau:

- Quặng oxyt và hydroxyt: hematit, magnetit, casiterit…
- Quặng silicat: vilemit, rođonit, thorit…
- Quặng sunfur, arsenur, antimonur, telur: sphalerit, nikelin, breitoptit…
- Quặng carbonat: smitsonit, seruxit ...
- Quặng sunfat: baryt, anglezit, …
- Quặng phosphat: apatit, monazit, …
- Quặng halogenur: halit, synvin,…
- Kim loại tự sinh: vàng, bạc, đồng, ...

Bảng 1.1. Cách gọi tên 32 dạng đối xứng tinh thể theo danh pháp viện Fedorov (1935)

Loại	Tinh hệ	Dạng đối xứng						
		Nguyên thuỷ	Tâm	Mặt	Trục	Mặt trục	Đảo chuyển nguyên thuỷ	Đảo chuyển mặt
Thấp	Ba xiên	1 -	2 C					
	Đơn xiên			3 P	4 L_2	5 L_2PC		
	Trực thoi			6 L_22P	7 $3L_2$	8 $3L_23PC$		
Vừa	Ba phương	9 L_3	10 L_3C	11 L_33P	12 L_33L_2	13 L_33L_23PC		
	Bốn phương	14 L_4	15 L_4PC	16 L_44P	17 L_44L_2	18 L_44L_25PC	19 Li_4 (= L_2)	20 Li_4 (= L_2)$2L2P$
	Sáu phương	21 L_6	22 L_6PC	23 L_66P	24 L_66L_2	25 L_66L_27PC	26 $Li_6 = L_3P$	27 $Li_63L_23P = L_33L_24P$
Cao	Lập phương	28 $4L_33L_2$	29 $4L_33L_23PC$	30 $4L_33L_2(3Li_4)6P$	31 $3L_44L_36L_2$	32 $3L_44L_36L_29PC$		

Các khoáng vật quặng chủ yếu của các loại khoáng sản được giới thiệu ở bảng 1.2 *(phụ lục I)*.

Phương pháp xác định các khoáng vật quặng phổ biến nhất, theo các tính chất đặc trưng được giới thiệu ở bảng 1.3 *(phụ lục II)*.

1.1.3. Khoáng sản

Khoáng sản là các đá hoặc thành tạo khoáng vật phát sinh từ những quá trình địa chất nhất định có thể đem sử dụng trực tiếp hay từ đó lấy ra những kim loại, hợp chất hay khoáng vật dùng trong nền kinh tế.

Tuỳ theo tính chất và cách sử dụng người ta phân ra:

A- Khoáng sản kim loại

1- Kim loại đen: Fe, Ti, Mn, Cr...

2- Kim loại màu: Cu, Pb, Zn, Ni, Sb...

3- Kim loại nhẹ: Al, Mg, Li, Be.

4- Kim loại hiếm, ít: Sn, W, Mo, Bi, Co, Hg, Ta, Nb.

5- Kim loại quý: Au, Ag, Pt (Pd, Os, Ir, Rn).

6- Kim loại phóng xạ: U, Th, Ra,...

7- Kim loại phân tán: Ga, Ge, Cd, Sc, Te,...

8- Đất hiếm: La, Ce, Gd, Lu,...

B - Không kim loại

1- Nguyên liệu hoá chất và phân bón: pyrit, pyrotin, đá vôi, apatit,..

2- Nguyên liệu kiến trúc - xây dựng: đá vôi, đá hoa, đá ốp lát, ...

3- Nguyên liệu sứ, gốm, gạch chịu lửa: sét, kaolin, felspat, silimanit, disten, amiang, cromit...

4- Nguyên liệu khoáng vật: kim cương, rubi, saphyr, granat, thạch anh áp điện, thạch anh quang học, fluorin quang học,...

C - Khoáng sản cháy: than, dầu, khí.

D - Các khoáng sản khác: nước ngọt, nước khoáng, các khí trơ: Ne, Ar, He,...

1.1.4. Khoáng chất công nghiệp hay nguyên liệu khoáng

Khoáng chất công nghiệp hay nguyên liệu khoáng là những khoáng chất tự nhiên hay do tổng hợp có những đặc tính hoá học và vật lý thích hợp được sử dụng trong công nghiệp một cách trực tiếp hay qua xử lý, như đá vôi, đolomit, mica, đá pegmatit...

1.1.5. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật

Theo A. G. Bêtectin (1949, 1958) THCSKV là một nhóm khoáng vật có tuổi xác định, sinh thành trong một giai đoạn tạo khoáng do kết tinh từ một dung dịch hoặc do phản ứng

hoá học giữa dung dịch và các khoáng vật sinh sớm hơn trong quá trình trao đổi thay thế, hoặc do biến chất khi những nhân tố bên ngoài của hệ thống cân bằng hoá lý bị thay đổi.

Tổ hợp khoáng vật: Theo R.M. Konxtantinov (1965) tổ hợp khoáng vật gồm những khoáng vật thuộc một hoặc vài ba tổ hợp cộng sinh thành tạo trong những điều kiện hoá lý tương tự và phản ánh một thời đoạn biến đổi thành phần dung dịch tạo khoáng.

Thế hệ khoáng vật: Là tổ hợp khoáng vật của các giai đoạn tạo khoáng kế tiếp nhau. Trong các thế hệ như vậy thành phần khoáng vật có thể hoàn toàn khác nhau hoặc giống nhau toàn bộ hoặc được lặp lại một phần.

1.1.6. Biểu hiện quặng hay biểu hiện khoáng hoá

Biểu hiện quặng hay biểu hiện khoáng hoá là tích tụ tự nhiên các khoáng sản chưa được đánh giá về quy mô cũng như chất lượng và trong điều kiện hiện nay không thể xem là đối tượng khai thác.

1.1.7. Điểm khoáng hoá - Điểm quặng

Điểm khoáng hoá: Là nơi có biểu hiện khoáng hoá, quy mô thường rất bé và chất lượng quặng thấp.

Điểm quặng: Là tích tụ khoáng sản tự nhiên, về quy mô thường không lớn, nhưng về chất lượng đáp ứng yêu cầu công nghiệp (tức là biểu hiện quặng đã được đánh giá sơ bộ).

1.1.8. Mỏ

Mỏ là nơi tích tụ khoáng sản trong tự nhiên, hiện nay có thể khai thác được, hoặc trong tương lai không xa có thể khai thác được với điều kiện kinh tế có lợi và kỹ thuật cho phép (theo A.E. Kuriakun, 1967).

Có thể chia ra: Các mỏ lớn, trung bình và nhỏ theo trữ lượng và tài nguyên của chúng (bảng 1.4).

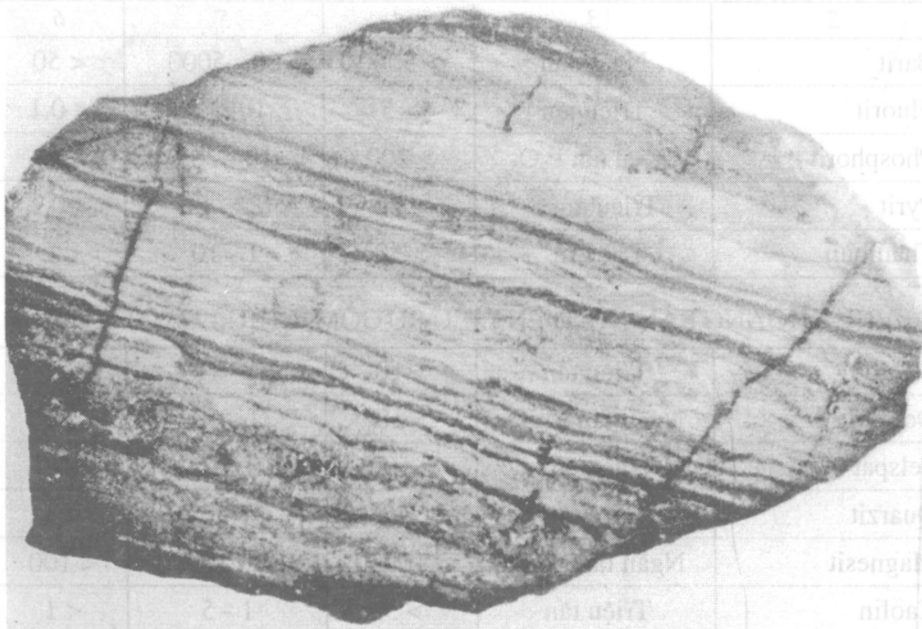
Bảng 1.4. Bảng phân loại quy mô các mỏ khoáng sản theo trữ lượng - tài nguyên

(Theo Trần Văn Trị và nnk, 2002)

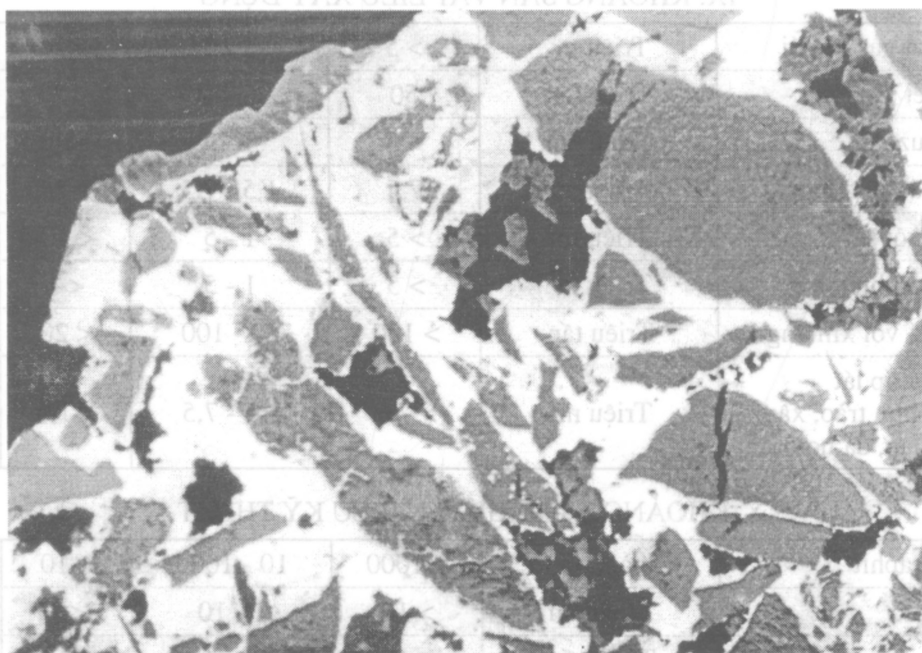
TT	Khoáng sản	Đơn vị tính	Quy mô mỏ			Ghi chú
			Lớn	Trung bình	Nhỏ	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
I. KHOÁNG SẢN NĂNG LƯỢNG						
1	Than antraxit	Triệu tấn	> 500	50 - 500	< 50	
2	Than bitum	Triệu tấn	> 500	50 - 500	< 50	
3	Than nâu	Triệu tấn	> 500	50 - 500	< 50	
4	Đá phiến cháy	Triệu tấn	> 500	30 - 100	< 30	
5	Urani	Ngàn tấn U_3O_8	> 10	0,1 - 10	< 0,1	
6	Tori	Ngàn tấn Th_2O_3	> 10	0,1 - 10	< 0,1	

1	2	3	4	5	6	7
II. KHOÁNG SẢN SẮT, HỢP KIM SẮT						
7	Crom	Triệu tấn Cr_2O_3	> 1	0,1 - 1	< 0,1	
8	Coban	Ngàn tấn Co	> 20	1 - 20	< 1	
9	Sắt	Triệu tấn quặng	> 100	10 - 100	< 10	
10	Mangan	Triệu tấn quặng	> 10	0,1 - 10	< 0,1	
11	Molybden	Ngàn tấn Mo	> 200	5 - 200	< 5	
12	Niken	Ngàn tấn Ni	> 500	25 - 500	< 25	
13	Wonfram	Ngàn tấn WO_3	> 10	0,5 - 10	< 0,5	
III. KHOÁNG SẢN KIM LOẠI CƠ BẢN						
14	Antimon	Ngàn tấn Sb	> 50	5 - 50	< 5	
15	Bismut	Ngàn tấn Bi	> 2	0,1 - 2	< 0,1	
16	Đồng	Ngàn tấn Cu	> 1000	50 - 1000	< 50	
17	Chì	Ngàn tấn Pb	> 1000	50 - 1000	< 50	
18	Kẽm	Ngàn tấn Zn	> 1000	50 - 1000	< 50	
19	Thiếc	Ngàn tấn Sn	> 100	5 - 100	< 5	
20	Thuỷ ngân	Ngàn tấn Hg	> 20	0,5 - 20	< 0,5	
21	Arsen	Ngàn tấn As	> 20	4 - 20	< 4	
IV. KHOÁNG SẢN KIM LOẠI NHẸ						
22	Nhôm	Triệu tấn Al_2O_3	> 100	5 - 100	< 5	
23	Beryli	Ngàn tấn BeO	> 1	0,1 - 1	< 0,1	
24	Liti	Ngàn tấn LiO_2	> 100	10 - 100	< 10	
25	Titan	Triệu tấn TiO_2	> 10	1 - 10	< 1	
V. KHOÁNG SẢN KIM LOẠI QUÝ						
26	Vàng	Tấn Au	> 30	5 - 30	< 5	
27	Bạc	Tấn Ag	> 5000	500 - 5000	< 500	
28	Platin	Tấn Pt	> 10	0,5 - 10	< 0,5	
VI. KHOÁNG SẢN KIM LOẠI HIẾM						
29	Tantal - Niobi	Ngàn tấn R_2O_5	> 10	1 - 10	< 1	
30	Đất hiếm	Ngàn tấn R_2O_3	> 10	1 - 10	< 1	
31	Zircon	Ngàn tấn ZrO_2	> 100	10 - 100	< 10	
VII. KHOÁNG SẢN HOÁ CHẤT, PHÂN BÓN						
32	Apatit	Triệu tấn P_2O_5	> 200	50 - 200	< 50	

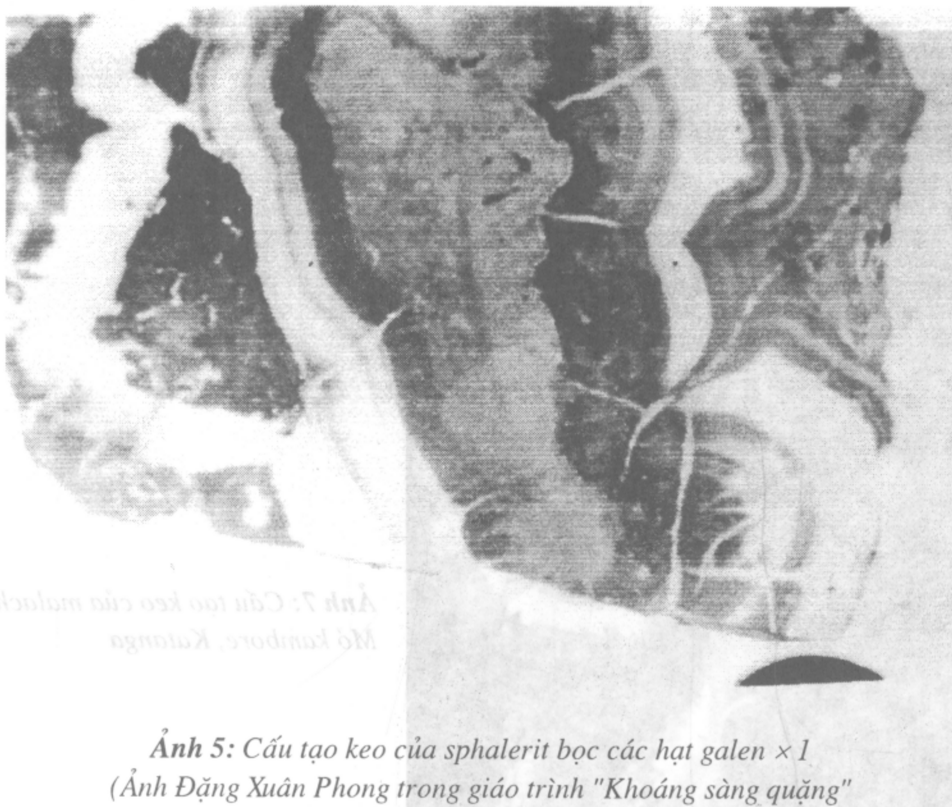
1	2	3	4	5	6	7
33	Barit	Ngàn tấn	> 5000	50 - 5000	< 50	
34	Fluorit	Triệu tấn	> 5	0,1 - 5	< 0,1	
35	Phosphorit	Triệu tấn P_2O_5	> 200	10 - 200	< 10	
36	Pyrit	Triệu tấn S	> 20	0,2 - 20	< 0,2	
37	Than bùn	Triệu m^3	> 50	1 - 10	< 5	
	VIII. KHOÁNG SẢN NGUYÊN LIỆU SỨ GỐM, CHỊU LỬA, BẢO ÔN					
38	Sét gốm	Triệu tấn	> 10	1 - 10	< 1	
39	Đolomit	Ngàn tấn MgO	> 10	1 - 10	< 1	
40	Felspat	Ngàn tấn	> 100	10 - 100	< 10	
41	Quarzit	Triệu tấn	> 5	1 - 5	< 1	
42	Magnesit	Ngàn tấn MgO	> 10000	100 - 10000	< 100	
43	Kaolin	Triệu tấn	> 5	1 - 5	< 1	
44	Cát thuỷ tinh	Triệu tấn	> 5	1 - 5	< 1	
45	Điatomit	Triệu tấn	> 5	1 - 5	< 1	
46	Đisten-silimanit	Ngàn tấn	> 1000	50 - 1000	< 50	
	IX. KHOÁNG SẢN VẬT LIỆU XÂY DỰNG					
47	Sét gạch ngói	Triệu m^3	> 5	1 - 5	< 1	
48	Sét ximăng	Triệu tấn	50	20 - 50	< 20	
49	Puzơlan	Triệu tấn	> 5	1 - 5	< 1	
50	Cát xây dựng	Triệu m^3	7,5	1,5 - 7,5	< 1,5	
51	Cuội sỏi	Triệu m^3	> 5	1 - 5	< 1,5	
52	Đá phiến lợp	Triệu m^3	> 5	1 - 5	< 1	
53	Đá vôi ximăng	Triệu tấn	> 100	20 - 100	< 20	
	Đá ốp lát (phun trào, xâm nhập, đá hoa)	Triệu m^3	> 7,5	1,5 - 7,5	< 1,5	
	X. KHOÁNG SẢN NGUYÊN LIỆU KỸ THUẬT					
54	Graphit	Ngàn tấn C	> 1000	10 - 1000	< 10	
55	Talc	Triệu tấn	> 10	1 - 10	< 1	
56	Asbet	Triệu tấn	> 10	0,1 - 10	< 0,1	
57	Muscovit	Ngàn tấn	> 500	50 - 500	< 50	
58	Bentonit	Triệu tấn	> 10	1 - 10	< 1	
59	Thạch anh	Ngàn tấn	> 100	10 - 100	< 10	



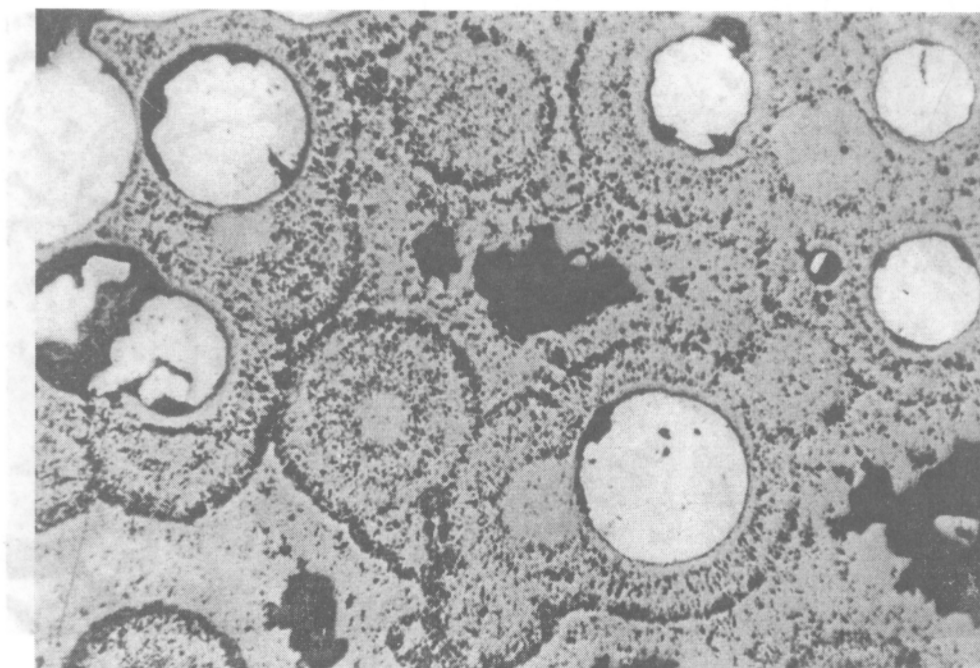
Ảnh 3: Cấu tạo dạng dải của đolomit mang quặng mỏ Boleslar - Ba Lan × 1
(Ảnh Đặng Xuân Phong - luận án tiến sĩ 1971)



Ảnh 4: Cấu tạo dăm kết đolomit (xám) ximăng (trắng) Sphalerit × 1.
(Ảnh Đặng Xuân Phong trong bài:
"Breccias in the Silisian - Krakov zinc and lead One Depostis"
B. de L'Académic Polonaise Sciences, 1972)



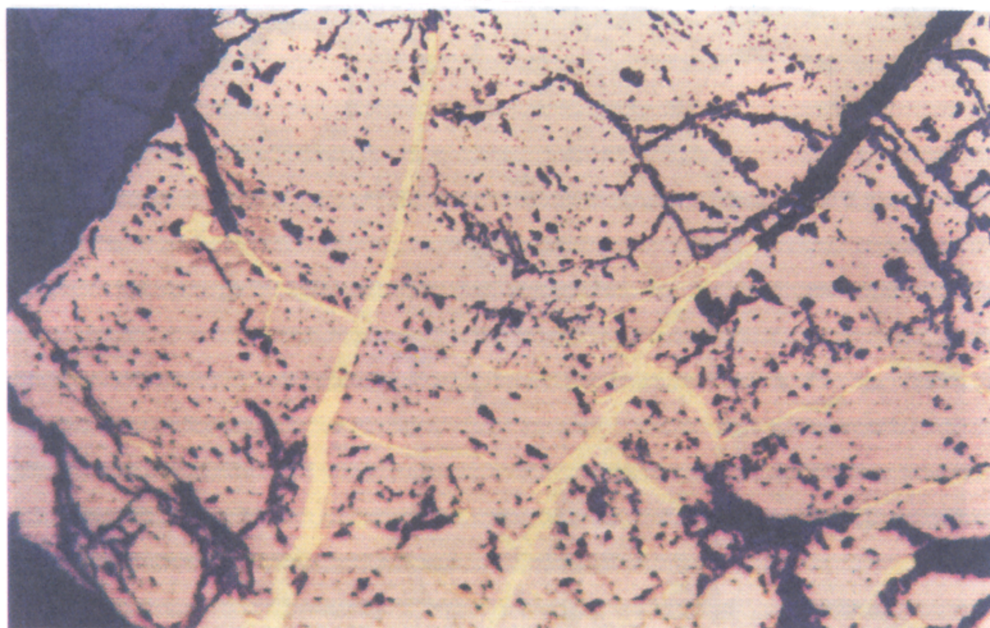
Ảnh 5: *Cấu tạo keo của sphalerit bọc các hạt galen × 1*
(Ảnh Đặng Xuân Phong trong giáo trình "Khoáng sàng quặng" của H. Gruszczyk, Ba Lan, 1972)



Ảnh 6: *Galen dạng trứng cá trong Sphalenrit dạng keo × 200*
(Ảnh Đặng Xuân Phong, luận án tiến sĩ, 1971)



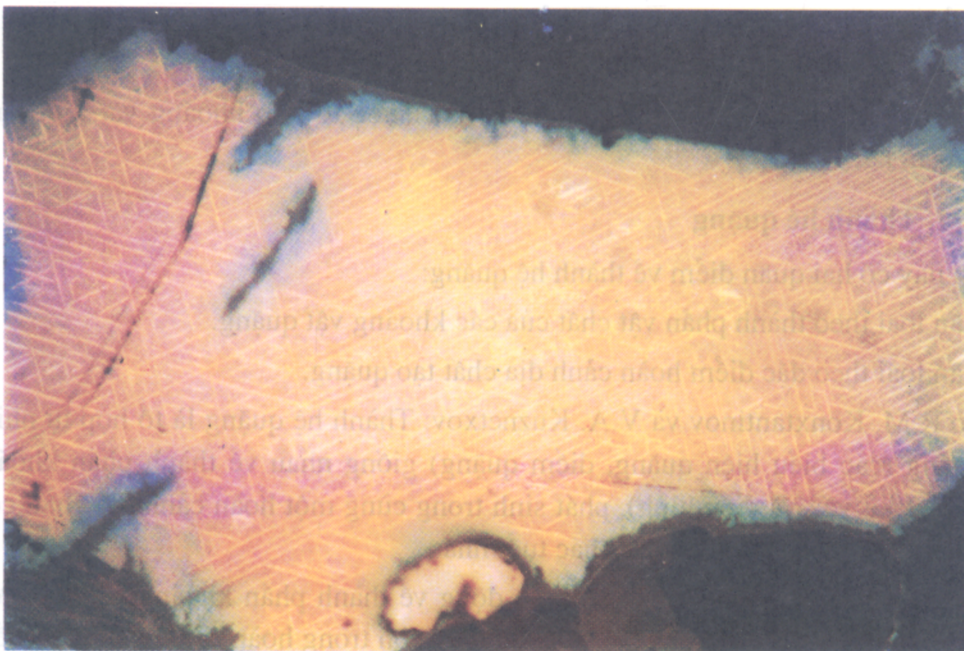
Ảnh 7: *Cấu tạo keo của malachít × 1*
Mỏ kambore, Katanga



Ảnh 8: *Vàng mạch nhỏ trong pyrit bị limonit hóa*
đồi Bù - Hòa Bình × 87,5
(Ảnh: Đặng Xuân Phong, chuyên đề, 1998)



***Ảnh 9:** Hạt kết tinh hoàn chỉnh dạng lăng trụ lục giác của pyromorfit × 10 Mỏ Dernbach, Nasau, Allemagne*



***Ảnh 10:** Kiến trúc émnsi dạng tấm đan chéo đặc trưng của cancopyrit trong bornit × 437,5. Điểm quặng An Lương - Yên Bái (Ảnh: Đặng Xuân Phong, chuyên đề 1999)*

Bảng 1.5. Các thành hệ quặng nhiệt dịch sâu

* Các thành hệ cộng sinh với thạch anh	* Các thành hệ cộng sinh với sunfur
1- Thạch anh - vàng. Mỏ Colar (Ấn Độ), mỏ Mạch Mẹ (Mỹ) 2- Thạch anh + arsenopyrit + vàng 3- Thạch anh + pyrit + vàng 4- Thạch anh + turmalin + vàng 5- Thạch anh + casiterit 6- Thạch anh + molibdenit (mỏ Claimak - Mỹ) 7- Thạch anh + cancopyrit (Mỹ, Canada, Philipin) 8- Thạch anh + enargit (Biut - Mỹ) 9- Thạch anh + Sheelit 10- Thạch anh + bismutin 11- Thạch anh + uraninit 12- Thạch anh + hematit 13- Thạch anh + barit 14- Thạch anh pha lê	1- Galenit - sphalerit - pyrit - cancopyrit - Mỏ Sadon (Nga); Freiberg (Đức) 2- Galenit - sphalerit - pyrit - barit 3- Sunfur - nasturan 4- Mỏ 5 nguyên tố (Co - Ni - Bi - Ag - U) 5- Arsenur - sunfoarsenur Ni - Co - Fe (Mỏ Cobalt - Canada) 6- Arsenopyrit 7- Casiterit - galenit - sphalerit 8- Casiterit - clorit - pyrotin 9- Vàng - antimonit 10- Fecberit - antimonit
* Các mỏ anbitit - greizen. Thành phần: Greizen, anbit, topa, thạch anh, muscovit, ... và quặng hoá W, Sn, Be, Mo, Ta, Nb, đất hiếm.	* Các mỏ cộng sinh với carbonat như siderit, rodocrosit, magnesit, canxit, tremolit, talc và các mỏ không kim loại barit - vilerit, fenarkit - fluorit, grafit, ...

Bảng 1.6. Các mỏ nhiệt dịch phun trào quan trọng nhất

Thành hệ	Đá liên quan	Thành phần khoáng vật
1- Đa kim chứa Au, Ag	Trong họng núi lửa tuổi Đệ Tam	- Pyrit, macasit, galenit, cancopyrit, sphalerit, argentit, stephanit, polibasit, vàng, bạc - Thạch anh - canxedon, opan, adula, carbonat
2- Vàng - bạc với telur và selenur	Đá phun trào bị propylit hoá	- Pyrit, macasit, argentit, stibinit, piracgilit, polibasit. - Selenur, thạch anh, canxedon, adula, fluorin, canxit.
3- Casiterit - wonframit - bismutin - argentit	Trong các nham cán núi lửa tuổi Đệ Tam	Casiterit - wonframit, bismutin - argentit, pyrit, pyrotin, piragilit, cancopyrit, stanin,..
4- Cancopyrit - enargit, cancozyn	Trong các đá phun trào khác nhau	Cancopyrit, enargit, cancozyn, molibdenit, turmalin
5- Molibdenit - fluorit - nasturan	Liên quan với phun trào andesit, trachit	Molibdenit, fluorit, nasturan
6- Các mỏ thuỷ ngân (kinova) có chứa asen	Trong các khe nứt của đá phun trào	Kinova, thạch anh, alunit, sericit

Sơ đồ các thành hệ quặng sau magma thường gặp theo H. Schneiderhohn giới thiệu trên bảng 1.7.

Bảng 1.7. Các thành hệ quặng sau magma thường gặp theo H. Schneiderhohn

Loại mỏ		Kim loại	Khoáng vật quặng	Khoáng vật đi cùng			
NHIỆT DỊCH	T° thấp	As	Reanga - Auripimen	Canxedon		Canxit	Barit
		Hg Sb Ag	Macasit Kinovar Antimonit Argentit - Bạc tự sinh Sunfur muối Ag, Pb, As, Sb		Carbonat phức hợp của Ca, Mg, Fe, Mn	Rodocrosit	Barit
	T° trung bình	Pb	Galenit				Fluorit
		Cu	Cancopyrit Cancozin Bornit Enargit Tetraedrit	Thạch anh II		Siderit	
		Zn	Sphalerit				
	T° cao	Bi Co, Ni U	Bismut Arsenur Co - Ni Nhựa U				
		Fe As Au	Pyrit ± Au Arsenopyrit ± Au				
KHÍ THÀNH			Pyrotin	Fluorit Apatit Mica Li Turmalin, Topa Thạch anh I			
		Bi W Sn Mo	Bismutin Wonframit Casiterit Molidenit				
PEGMATIT			Khoáng vật chứa: Li, Be, B, Ti, Zr, Ta, Nb, La, U, Th	Thạch anh, Pegmatit Felspat - Felspat kali Anbit - mica K - Li			

------- Các thành hệ hiếm gặp

Ngoài ra còn có nhiều phân loại thành hệ quặng khác.

Nguồn gốc thành tạo của các khoáng vật quặng chủ yếu được giới thiệu trên bảng 1.8 *(phụ lục III)*.

Nguồn gốc thành tạo của các khoáng vật đi cùng quặng chủ yếu được giới thiệu ở bảng 1.9 *(phụ lục III)*.

Dãy thành hệ quặng:

Theo S. Smirnov, Ratkievich: Dãy thành hệ quặng là một tập hợp các thành hệ quặng có thành phần khác nhau nhưng liên quan với những điều kiện địa chất giống nhau, như liên quan với một phức hệ magma - kiến tạo hoặc cùng một quá trình trầm tích hay biến chất nhất định.

Tổ thành hệ quặng: Là tập hợp các dãy thành hệ quặng đặc trưng cho một đơn vị kiến trúc - thành hệ nhất định, phát triển trong một chu kỳ magma - kiến tạo nhất định (Kuznetxov, 1972).

1.2. PHÂN LOẠI MỎ THEO NGUỒN GỐC

Hiện nay chưa có bảng phân loại nguồn gốc mỏ nào được công nhận và sử dụng chung trên thế giới.

Một số phân loại hay được dùng:

1.2.1. Phân loại mỏ nội sinh của Nigli

1. Mỏ sâu (xâm nhập):

A. Mỏ magma:	1) Kim cương, Pt - Cr
	2) Ti - Fe - Ni - Cu
B. Mỏ khí thành và pegmatit:	1) Kim loại nặng - đất hiếm - P - Ti
	2) SiO_2 - kiềm - F - B - Sn - Mo - W
	3) Tổ hợp thạch anh - turmalin
C. Mỏ nhiệt dịch:	1) Fe - Cu - Au - As
	2) Pb - Zn - Ag
	3) Ni - Co - As - Ag
	4) Carbonat - ôxyt - sunfat - fluorur

2. Các mỏ phun trào:

A. Sn - Ag - Bi;

B. Kim loại nặng;

C. Au - Ag;

D. Sb - Hg;

E. Cu tự sinh;

F. Các mỏ sinh hoá liên quan với núi lửa.

1.2.2. Phân loại của V. I. Smirnov

1. Loạt mỏ nguồn gốc magma (nội sinh)

   1) Nhóm magma (dung ly, magma sớm, magma muộn).

   2) Nhóm carbonatit (mỏ magma, mỏ thay thế trao đổi, mỏ liên hợp).

   3) Nhóm pegmatit (pegmatit sạch, pegmatit tái kết tinh, pegmatit thay thế trao đổi).

   4) Nhóm anbitit - greizen (anbitit, mỏ greizen).

   5) Nhóm skarn vôi, skarn magnê, skarn silicat.

   6) Nhóm nhiệt dịch (pluton, phun trào, viễn nhiệt).

   7) Nhóm konchedan (nhiệt dịch thay thế trao đổi, nhiệt dịch - trầm tích).

2. Loạt mỏ trầm tích:

   1) Nhóm mỏ phong hoá (tàn dư, thấm đọng).

   2) Nhóm mỏ sa khoáng.

   3) Nhóm mỏ trầm tích (cơ học, hoá học, sinh hoá học, phun trào).

3. Loạt nguồn gốc biến chất (mỏ biến chất, mỏ bị biến chất).

1.3. LOẠI HÌNH MỎ CÔNG NGHIỆP

Các khoáng sản được sinh thành trong những điều kiện địa chất rất khác nhau. Đó là các dạng nguồn gốc thành tạo được sắp xếp thành những nhóm khác nhau gọi là *loại hình nguồn gốc*.

Các mỏ được sinh thành trong nhiều nguồn gốc nhưng thường chỉ một số loại có ý nghĩa công nghiệp, nên trong tìm kiếm hay dùng khái niệm: "*Loại hình mỏ công nghiệp*".

Theo V.I. Craxnhicov: Loại hình công nghiệp là một khái niệm tổng hợp để chỉ các mỏ có cùng điều kiện địa chất của một loại khoáng sản nào đó, mà nó là nguồn cung cấp chính khoáng sản ấy cho công nghiệp.

1.3.1. Loại hình mỏ công nghiệp kim loại đen

Sắt:

1. Mỏ biến chất dạng quarzit sắt

Thường liên quan ,với các đá biến chất trước Cambri. Thân quặng dài hàng trăm đến vài kilomet, dày hàng chục mét. Thành phần có magnetit, hematit, mactit... Mỏ điển hình: Crivoi - Roc, KMA, Hồ Thượng.

2. Mỏ trầm tích biển và đầm hồ

- Dạng vỉa, lớp trong các trầm tích gần bờ.

- Kích thước vỉa quặng dài hàng chục đến hàng trăm kilomet, dày hàng chục mét.

- Thành phần: hematit, samosit, siderit.

- Mỏ điển hình: Kecxi (Ural), Clinton (Mỹ), Loren (Pháp).

3. Skarn

- Dạng vỉa, mạch, cán trong đá skarn.

- Thân quặng kéo dài hàng kilomet, dày hàng trăm mét.

- Thành phần: magnetit (hematit, pyrit...).

- Mỏ điển hình: Cocmuon (Mỹ), Thạch Khê (Hà Tĩnh).

4. Mỏ magma.

- Liên quan với đá mafic, siêu mafic, nhất là gabro.

- Quặng dạng mạch hay xâm tán.

- Mạch có kích thước hàng trăm mét đến vài kilomet, dày 1 - 10m. Hàm lượng Fe; 50-57%.

- Thành phần: magnetit, inmenit, clorit...

5. Các mỏ dạng vỉa chủ yếu trong đá carbonat

Thành phần: siderit, kích thước các vỉa vài kilomet, dày 30 - 40m, có khi đến hàng trăm mét. Mỏ điển hình là mỏ Baical (Nga), Binbao (Italia).

6. Mỏ sắt phong hoá

Mỏ sắt phong hoá là sản phẩm phong hoá từ đá serpentinit. Thân quặng có dạng lớp phủ, dày đến hàng chục mét. Thành phần quặng là hydroxyt sắt. Điển hình là các mỏ ở Cuba có trữ lượng 15 tỷ tấn quặng.

Mangan:

1. Trầm tích biển và đầm hồ

Thân quặng dạng vỉa, thấu kính trong các trầm tích lục nguyên gần bờ, kéo dài hàng chục kilomet, dày đến hàng chục mét. Thành phần có oxyt và hydroxyt mangan. Mỏ điển hình là Nicopon (Nga), Phần Lan, Canada...

2. Mỏ phong hoá

Trên các đá chứa mangan , thành phần khác nhau. Thân quặng dạng lớp phủ dài đến vài kilomet, dày đến vài chục mét. Mỏ điển hình ở Ấn Độ, Gana, Brazin...

3. Mỏ nhiệt dịch

Nằm trong các đá trầm tích và magma. Thân quặng dạng mạch, thành phần quặng rodocrosit, rodonit; quy mô nhỏ. Mỏ điển hình ở Nga, Đức, Thuỵ Điển, Mỹ...

4. Mỏ biến chất

Gồm các thân dạng vỉa bị biến chất từ các mỏ trầm tích. Thành phần gồm oxyt và silicat mangan.

Crom:

1. Mỏ magma muộn hay sớm trong đá siêu mafic.

Thân quặng dạng mạch, thấu kính, dạng cán. Thành phần gồm cromit, crom - spinen... Thân quặng kéo dài hàng trăm mét, dày 1 - 2m đến 50 - 80m. Gặp ở Nam Phi, Mỹ, Ấn Độ.

2. Mỏ sa khoáng.

Được thành tạo do sự phong hoá cơ học từ các mỏ magma. Gặp ở nhiều nơi: Caledoni, Nhật Bản, Cổ Định (Thanh Hoá).

1.3.2. Loại hình mỏ công nghiệp kim loại màu

Đồng:

1. Cát kết ngậm đồng

Thân quặng dạng vỉa, thấu kính dài hàng trăm mét đến vài kilomet, dày đến vài chục mét. Thành phần: Bocnit, cancopyrit, cancozin... Mỏ điển hình: Udocan (Nga), Manxfel (Đức), Silezi (Ba Lan).

2. Đồng porphyr

Quặng dạng xâm tán, mạch nhỏ trong các đá porphyr. Thân quặng lớn. Thành phần cancopyrit, có khi pyrit, molibdenit... Mỏ điển hình: Bimhem, Morrenxi (Mỹ).

3. Konchedan

Quặng dạng mạch, thấu kính trong đá phun trào. Thân quặng có khi rất lớn như mỏ Rio - Tinto (Italia) có dạng thấu kính dài 2km, rộng 300m, sâu 600m. Thành phần: pyrit, cancopyrit. Mỏ điển hình Rio - Tinto (Italia), Urale (Nga)....

4. Dung ly đồng - nikel

Quặng xâm tán hay dạng khối trong đá mafic, siêu mafic. Thân quặng có khi tới hàng kilomet, dày vài chục mét. Thành phần: pyrotin, cancopyrit, penlandit. Mỏ điển hình: Xatberi (Canada), Kola (Nga), Nam Phi, Anh...

5. Nhiệt dịch dạng mạch

Mạch hay hệ mạch trong các đá khác nhau. Thành phần: cancopyrit. Mỏ điển hình: Biut (Mỹ), Setuacum (Nga).

6. Skarn

Thân quặng dạng mạch, vỉa trong đá skarn. Thành phần phức tạp, chủ yếu gồm pyrotin, cancopyrit. Mỏ điển hình: Preng (Canada), Klinton (Mỹ).

Chì - kẽm:

1. Nhiệt dịch trong đá phun trào

Thân quặng dạng mạch, vỉa, thấu kính trong đá phun trào thành phần khác nhau. Thân quặng thường lớn, dài hàng trăm mét, dày 20 - 40m. Thành phần phức tạp: galenit, sphalerit, pyrit, cancopyrit... Mỏ điển hình: Bouvin (Ấn Độ), Bicbac (Mỹ), Xulivan (Canada)...

2. Nhiệt dịch trong đá carbonat

Quặng dạng skarn hay thạch anh - sunfur - carbonat. Thành phần và hình dạng thân quặng phức tạp. Mỏ điển hình kiểu skarn: Bimhem (Mỹ), Trepsa (Nam Tư), Mac - Doman (Canada)... Kiểu thạch anh - sunfur: Kazactan.

3. Mỏ dạng vỉa trong carbonat

Các vỉa phân tán hay đặc xít trong đá vôi, đolomit. Thân quặng dài hàng trăm đến hàng ngàn mét, dày từ 20 - 30m. Thành phần khoáng vật: galenit, sphalerit, pyrit (cancopyrit, barit). Mỏ điển hình: Missuri - Mixixipi (Mỹ), Xilezi (Ba Lan), Pait - Poitat (Canada).

4. Nhiệt dịch dạng mạch

Thân quặng dạng mạch trong các đá khác nhau, có khi dài 2 - 3km, dày 10 - 15m. Thành phần khoáng vật rất phức tạp. Mỏ điển hình: Freibecg (Đức), Pribram (Tiệp Khắc).

5. Biến chất

Gồm các vỉa, thấu kính trong đá biến chất cổ. Quy mô mỏ rất lớn. Thành phần quặng phức tạp. Mỏ điển hình: Broken - Hill.

1.3.3. Loại hình mỏ công nghiệp kim loại hiếm

Thiếc:

1. Sunfur - casiterit

Quặng dạng thấu kính trong các đá khác nhau. Mạch dài hàng trăm mét, dày hàng mét. Thành phần: casiterit (stanin). Loại này có ở Malayxia, Bolivi, Sơn Dương, Quỳ Hợp.

2. Thạch anh - casiterit

Dạng mạch, kích thước nhỏ. Thành phần chủ yếu là casiterit đi với thạch anh. Loại này phân bố ở Trung Quốc, Việt Nam, Indonexia...

3. Pegmatit

Thường tạo thành trên mái của các xâm nhập axit và cấu trúc phức tạp. Loại này thường liên quan với loại thạch anh - casiterit.

4. Sa khoáng

Tạo thành ven biển hay thung lũng sông trong trầm tích hiện đại hay cổ, phân bố ở Malayxia, Trung Quốc, Việt Nam...

Wonfram:

1. Skarn

Trong đá skarn, thường có dạng ổ. Thành phần chủ yếu là sheelit (có khi wonframit). Mỏ điển hình: Lianga (Nga), Cramat - Pulai (Miến Điện), Đá Liền.

2. Nhiệt dịch thạch anh - wonframit

Thành tạo trong các đá khác nhau (trừ carbonat) thường có dạng mạch đi cùng greizen hoá. Kích thước trung bình, có khi vài trăm mét, dày hàng chục centimet. Thành phần khoáng vật: Wonframit (ít hơn sheelit).

3. Sa khoáng

Thành tạo ở bờ biển hay thung lũng sông và tàn tích, sườn tích. Khoáng vật là wonframit, đôi khi đi cùng casiterit.

Molibden:

1. Nhiệt dịch dạng mạch

Dạng mạch nhỏ, xâm tán trong đá xâm nhập và phun trào axit bị thạch anh và berizit hoá. Loại này hay đi với đồng. Thành phần: cancopyrit, molibdenit. Mỏ điển hình: Claix - Macx (Mỹ).

2. Skarn

Hay đi với wonfram. Thân quặng dạng mạch,vỉa, kích thước nhỏ. Mỏ này gặp ở Maroc, Trung Quốc, Nga.

3. Mạch thạch anh - molibdenit

Thân quặng dạng mạch, mạng mạch trong các đá khác nhau. Quy mô quặng nhỏ. Thành phần chủ yếu là thạch anh, molibdenit. Loại này gặp ở Nga, Maroc, Trung Quốc.

Nikel:

1. Mỏ magma đồng - nikel

Nằm trong các đá mafic phân dị rõ ràng, quy mô rất lớn (xem các loại hình mỏ công nghiệp của đồng).

2. Mỏ nhiệt dịch

Mạch và mạng mạch trong các đá khác nhau. Thành phần: các khoáng vật sunfur và sunfoarsenur của nikel, đồng, bismut. Giá trị loại này không lớn (chiếm 0,5% mỏ nikel).

3. Mỏ phong hoá

Dạng lớp phủ, thấu kính trên các đá serpentinit. Thân quặng co thể dài vài trăm mét, dày hàng chục mét. Thành phần: nontronit và hydrosilicat chứa nikel. Loại này gặp ở Cuba, Brazin, Madagasca...

1.3.4. Loại hình mỏ công nghiệp kim loại quý

Vàng:

1. Cuội kết chứa vàng

Thuộc loại này có mỏ Vitvater - Rand ở liên bang Nam Phi. Mỏ gồm nhiều vỉa cuội kết chứa vàng nằm trong các lớp quarzit và đolomit tuổi Silur. Vỉa chứa vàng dài vài kilomet, dày trung bình 1,5m. Ngoài ra còn một số mỏ như Blaind - River (Canada), Iakobino (Brazin)...

2. Mạch thạch anh chứa vàng

Thân quặng dạng mạch, mạng mạch trong các đá khác nhau trừ đá vôi, kích thước có khi kéo dài hàng kilomet, dày vài centimet đến vài mét.

Ngoài vàng, thạch anh còn có sunfur, xianur, barit, turmalin, bạc... Mỏ kiểu này rất phổ biến.

3. Telur chứa vàng - bạc

Thân quặng dạng mạch, ổ, bướu nằm trong phun trào andezit, trachit, đaxit, ryolit và đá vây quanh. Chúng thường liên quan với các đá núi lửa trẻ. Khoáng vật quặng thường là sunfur - antimon, sunfur - arsenur, pyrit, cancopyrit, sphalerit, galenit và các sunfur khác. Xung quanh thân quặng thường bị biến đổi: propilit hoá, alunit hoá, zeolit hoá... Các mỏ này gặp ở đai Thái Bình Dương và vòng cung Kacpat.

4. Sa khoáng

Nhiều dạng khác nhau, nhưng giá trị nhất là bồi tích trong thung lũng, bãi bồi, thềm sông có thể có sa khoáng hiện đại hay sa khoáng cổ.

Bạc:

Dạng mạch, đới mạch trong các đá khác nhau. Khoáng vật quặng chủ yếu: Acgentit, prustit, pyracgylit, polibasit và tetraedrit, galenit chứa bạc. Hàm lượng bạc trong loại này 0,04 - 0,05%. Mỏ điển hình: Paska, Enoro (Mehico) và một số mỏ ở Mỹ.

Platin:

1. Mỏ magma đồng - nikel có platin

Mỏ magma đồng - nikel có platin là loại mỏ cung cấp platin chủ yếu. Khoáng vật chứa platin: policxen (Pt, Fe), platin chứa iridi.

2. Mỏ sa khoáng

Thành tạo trong những điều kiện địa mạo thuận lợi trong các vùng phát triển các đá magma chứa platin.

1.3.5. Loại hình mỏ công nghiệp của kim loại phóng xạ

Urani:

1. Mạch nhiệt dịch

Dạng mạch hay hệ mạch. Kích thước: dài vài mét đến vài kilomet, dày vài millimet đến hàng chục mét. Khoáng vật quặng: uraninit hay nhựa uran đi với nhiều tổ hợp khác nhau. Mỏ điển hình: Endorado (Canada), Kerdorlen (Mỹ), Cocmuon (Anh).

2. Nhiệt dịch thay thế

Thân quặng dạng vỉa, cán. Kích thước thường lớn. Thành phần khoáng vật giống loại trên. Mỏ điển hình: Sincolobe (Côngo).

3. Trầm tích sông cổ

Gồm những ổ, thấu kính kéo dài trong các lòng sông cổ. Thành phần chủ yếu là cacnotit $K_2U_2(VO_4)O_4.3H_2O$. Kích thước thân quặng theo chiều ngang từ vài mét, vài chục mét đến vài trăm mét. Mỏ điển hình ở Đức, Mỹ, Thuỵ Điển.

4. Trầm tích biển

Có ba thành tạo trầm tích chứa urani: a) cát kết, sét và đá vôi có photphat; b) đá phiến màu đen; c) đá carbonat. Loại này có hàm lượng nghèo nhưng trữ lượng rất lớn. Loại này gặp ở nhiều nơi.

5. Cuội kết cổ

Dạng vỉa kéo dài. Thành phần: cuội kết thạch anh, thường đi cùng với vàng nằm khớp trên các trầm tích tuổi trước Cổ sinh hay Cổ sinh sớm. Điển hình là mỏ vàng - urani Vitvater - Rand ở Nam Phi.

Thori:

1. Sa khoáng

Sa khoáng là nguồn cung cấp chính. Giá trị nhất là sa khoáng biển và sông. Khoáng vật chủ yếu là monazit chứa 5 - 10% ThO_2. Sa khoáng biển rất lớn, có thể kéo dài hàng trăm kilomet, rộng hàng chục mét, sâu 4 - 5m. Loại này có ở Brazin, Ấn Độ, Australia, Indonexia, Malayxia.

2. Mạch thạch anh chứa monazit và cancopyrit.

Mạch quặng với hàm lượng 70% monazit, 5% đồng, kích thước khác nhau. Điển hình như mỏ ở Liên bang Nam Phi.

3. Các mỏ chứa thori trong đá granophyr.

Thường là các mỏ nhỏ, dạng ổ, dạng mạch trong các đá granophyr. Loại này mới gặp một số mỏ ở Mỹ, Nga.

1.3.6. Loại hình mỏ công nghiệp của khoáng sản nhiên liệu

Than đá:

1. Than trong miền địa máng

Dạng vỉa, chiều dày các vỉa than lớn, chiều dài khá ổn định. Số lượng các vỉa than nhiều. Điển hình: bể than Donnet ở Liên bang Nga.

2. Than trong miền nền

Được thành tạo trong miền hồ, tam giác châu, trong hố võng. Tính chất và kích thước các vỉa thường thay đổi. Mỏ này gặp ở nhiều nước.

3. Than trong vùng chuyển tiếp

Chiều dày tầng chứa than và các vỉa than vừa phải nhưng diện phân bố rộng. Điển hình: bể than Kizelov ở Urale.

Than bùn:

Than bùn được thành tạo ở vùng đầm lầy lục địa, ven biển, vùng chuyển tiếp. Thân khoáng dạng thấu kính, lớp, chiều dày từ hàng chục centimet, hàng mét đến hàng chục mét. Ví dụ than bùn ở rừng U Minh, Nam Bộ.

1.3.7. Loại hình mỏ công nghiệp nguyên liệu hoá chất và phân bón

Lưu huỳnh:

1. Pyrit, pyrit - pyrotin kiểu nhiệt dịch trong đá phun trào

Thân khoáng dạng vỉa, lớp, thấu kính. Chiều dày từ vài mét đến hàng chục mét, kéo dài hàng trăm mét đến hàng ngàn kilomet. Mỏ điển hình ở Tây Ban Nha, Nhật Bản, Angiêri.

2. Lưu huỳnh tự sinh, nguồn nhiệt dịch biến chất trong đá phun trào

Thân khoáng dạng vỉa, thấu kính, mạch. Chiều dày hàng mét đến hàng chục mét, dài hàng trăm mét. Lưu huỳnh đi cùng alunit, pyrit, thạch cao, barit, pyrophylit. Mỏ điển hình gặp ở Nhật Bản, Colombia, Mehico, Mỹ.

3. Lưu huỳnh tự sinh liên quan với thạch cao, anhydrit

Thân khoáng dạng vỉa, thấu kính, dày từ vài mét đến hàng chục mét, có khi tới 130m, gồm hai kiểu:

- Liên quan với các vỉa thạch cao, anhydrit: Volga (Nga), Tamobjeski (Ba Lan), Micpac (Irak).

- Liên quan với các vòm muối: gặp ở Mỹ, Mehico, Đức...

4. Lưu huỳnh kiểu dòng chảy

Thường xuất hiện trong các dung nham núi lửa như mỏ Xiretoco ở Nhật Bản. Chiều dày dòng lưu huỳnh tự sinh 0,5 - 5m, rộng hàng chục mét, dài 1,5km.

Apatit và phosphorit:

1. Apatit - nefelin trong đá magma kiềm

Thân khoáng dạng vỉa dày hàng chục mét, dài hàng trăm đến hàng ngàn mét. Hàm lượng P_2O_5 từ 10 - 30%. Mỏ điển hình: Khibin, Lovozevski (Nga).

2. Phosphorit trầm tích biển (chiếm 74% sản lượng khai thác)

Thành tạo ở cả miền địa máng và miền nền. Thân khoáng dạng vỉa, dày hàng mét đến 20 mét, quy mô rất lớn. Mỏ điển hình: Karatao (Nga), Skalict (Mỹ), Lào Cai (Việt Nam)...

3. Phosphorit dạng kết hạch, dạng vỏ sò trong miền nền

Thân khoáng dạng vỉa dày vài mét đến 12m, nhưng diện phân bố rộng. Ví dụ như mỏ Egorievski (Nga) rộng $1000km^2$.

4. Phosphorit tái trầm tích ở lục địa

Thân khoáng dạng vỉa. Ví dụ mỏ Florida (Mỹ) có chiều dày vỉa quặng 0 - 15m, kéo dài 115km, rộng $65km^2$.

5. Phosphorit phong hoá

Loại này kiên quan với đá trầm tích và đá trầm tích phun trào chứa phosphorit. Thân khoáng dạng thấu kính, vỉa, lớp phủ, bướu... Chiều dày thân khoáng hàng chục mét, kéo dài hàng trăm mét đến 8km. Ví dụ mỏ Lào Cai (Việt Nam).

6. Phosphrit dạng phân chim trong hang động

Thân khoáng dạng túi, đống, lớp phủ. Chiều dày hàng mét, hàng chục mét đến 35m.

Fluorit:

1. Fluorit - barit

Thân khoáng có dạng mạch, ổ. Loại này phát triển ở Châu Âu (Đức, Pháp), các nước trung Á.

2. Fluorit - barit - đa kim

Thân khoáng dạng mạch, thấu kính, vỉa cán trong granit, phun trào, đá vôi, đolomit. Điển hình: mỏ Scalit (Mỹ), mỏ Xanfranxico (Mehico).

3. Fluorit nhiệt dịch

Gặp trong nhiều thành hệ khác nhau như:

- Fluorit - casiterit: mỏ Alaska (Mỹ).
- Fluorit - kinova - antimon: mỏ Khaidarkanski (Nga).
- Fluorit - urani: Mỹ, Pháp.
- Fluorit - barit - đất hiếm: Đông Pao (Việt Nam).

Ngoài ra fluorit còn gặp trong các thành hệ khác.

Grafit:

1. Grafit dạng vảy và tinh thể đặc xít

Thân khoáng dạng cán, thấu kính, mạch trong đá kiềm hay nơi tiếp xúc với các đá khác. Chiều dày mạch từ vài centimet đến hàng mét. Hàm lượng carbon rất giàu (60 - 98%). Mỏ điển hình gặp ở Trung Quốc, Ấn Độ, Canada.

2. Grafit xâm tán trong gneis và đá biến chất

Thân khoáng dạng vỉa, thấu kính, dày hàng mét đến hàng chục mét. Hàm lượng grafit 2,5 - 20%. Mỏ điển hình gặp ở Ấn Độ, Xri Lanca, Áo.

3. Grafit biến chất trong các vỉa than

Thân khoáng dạng vỉa, thấu kính. Chiều dày đến 7m. Hàm lượng grafit đôi khi đạt tới 35%.

1.3.8. Loại hình mỏ công nghiệp vật liệu xây dựng

Kaolin và sét:

1. Kaolin nguồn gốc nhiệt dịch

Thân khoáng dạng cán, thấu kính, ống, dạng vỉa, liên quan với các đá xâm nhập hay phun trào. Mỏ điển hình gặp ở Chi Lê, Mehico, Nhật Bản.

2. Kaolin tàn dư

Thân khoáng dạng lớp, thấu kính, lớp phủ, được thành tạo trên đá granit, pegmatit, aplit, đá phiến sét và đá khác. Chiều dầy thân khoáng từ hàng chục centimet, kéo dài hàng kilomet đến hàng chục kilomet.

3. Kaolin thứ sinh

Thân khoáng dạng vỉa, dày vài mét đến hàng chục mét. Kaolin được tập trung nhờ biến đổi từ các đá sét khác. Mỏ điển hình gặp ở Ucraina.

4. Sét, kaolin trầm tích hồ và đầm lầy

Thân khoáng dạng vỉa, thấu kính dày 1 - 8m (có khi đến 15m). Thành phần thay đổi: hydromica, monmorilonit, hydragilit, bentonit, kaolinit... tuỳ điều kiện trầm tích.

5. Sét, kaolin trầm tích biển

Thân quặng dạng vỉa, lớp. Chiều dày từ vài mét đến hàng chục mét. Thành phần: hydromica, monmorilonit, beidennit, clorit, glauconit, vật chất hữu cơ.

6. Bentonit nguồn gốc nhiệt dịch

Phát triển trong đá phun trào và trầm tích phun trào: tuf, bazan, andezit, porphyrit... Thân khoáng dạng vỉa, cán, thể tường. Chiều dày hàng chục mét, đôi khi đến 120m. Mỏ điển hình: Xarigiuski (Armenia), mỏ Das - Salachlinski (Azecbaizan), mỏ Askanski (Gruzia).

Phần II

TIỀN ĐỀ TÌM KIẾM

Định nghĩa và phân loại tiền đề:

Theo V.M. Crayche (1960): "Tiền đề tìm kiếm địa chất là những hoàn cảnh địa chất chỉ ra một cách trực tiếp hay gián tiếp ở những điều kiện nào đó có khả năng phát hiện ra các mỏ nhất định".

Ông phân biệt 11 tiền đề tìm kiếm: 1. Địa tầng; 2. Tướng đá; 3. Thạch học trầm tích; 4. Cấu trúc địa chất; 5. Magma; 6. Sự biến đổi đá vây quanh; 7. Địa mạo; 8. Biến chất; 9. Địa chất thuỷ văn; 10. Địa vật lý; 11. Khí hậu.

Theo V. I. Craxnhicov (1959, 1965): "Tiền đề tìm kiếm là những yếu tố địa chất xác định điều kiện tìm thấy mỏ trong vỏ Quả Đất".

Ông phân ra: tiền đề chung và tiền đề riêng. Trong tiền đề chung phân ra tiền đề khu vực và tiền đề địa phương.

Trong tiền đề riêng phân ra sáu nhóm lớn: 1. Địa tầng; 2. Thành phần - tướng đá; 3. Magma; 4. Cấu trúc địa chất; 5. Địa hoá; 6. Địa mạo.

V.I. Smirnov phân ra các tiền đề sau:

1. Magma; 2. Cấu trúc địa chất; 3. Địa tầng; 4. Thành phần tướng đá; 5. Địa mạo; 6. Địa hoá; 7. Địa chất thuỷ văn.

Từ đó có thể thấy rằng: định nghĩa tiền đề tìm kiếm và cách phân loại không thống nhất dẫn đến sự nhầm lẫn giữa hai khái niệm tiền đề tìm kiếm và dấu hiệu tìm kiếm.

Do đó có thể quan niệm rằng: *"Tiền đề tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất có liên quan mật thiết về nguồn gốc và sự phân bố không gian với một khoáng sản hay nhóm khoáng sản nhất định"*. (Đặng Xuân Phong, 1977).

Trong tìm kiếm cần phân biệt tiền đề địa hoá và dấu hiệu địa hoá; tiền đề địa mạo và dấu hiệu địa mạo; tiền đề biến chất và hiện tượng biến đổi nhiệt dịch xung quanh các thân quặng... Vì thế cần nêu ra một quan niệm để phân biệt tiền đề tìm kiếm và dấu hiệu tìm kiếm.

Tiền đề tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất *sinh ra mỏ*, dấu hiệu tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất hay không địa chất *do mỏ sinh ra*. (Đặng Xuân Phong và nnk, 2002).

Bằng cách đó có thể phân biệt rõ ràng hoàn cảnh địa chất nào là tiền đề, hoàn cảnh địa chất nào là dấu hiệu tìm kiếm.

Chương II

TIỀN ĐỀ ĐỊA TẦNG, TƯỚNG ĐÁ VÀ THÀNH PHẦN THẠCH HỌC ĐÁ TRẦM TÍCH

2.1. THÀNH PHẦN ĐÁ TRẦM TÍCH

Đá trầm tích là những thể địa chất trên bề mặt trái đất, được thành tạo từ sản phẩm phá huỷ trong đá gốc và được lắng đọng trong nước hay không khí dưới dạng rời hay được gắn kết lại.

Sự thành tạo đá trầm tích là những quá trình lâu dài phức tạp trải qua nhiều giai đoạn: phong hoá, vận chuyển, trầm đọng, thành đá và biến đổi,...

Phân loại của P Nighi: 6 nhóm:

1- Trầm tích vụn (cuội, sỏi, cát kết).

2- Trầm tích sét.

3- Trầm tích carbonat và sunfat.

4- Trầm tích phosphorit.

5- Trầm tích có nguồn gốc bay hơi (muối).

6- Trầm tích do gió, băng.

Phân loại của L.V. Pustovalov: 4 nhóm:

1- Trầm tích cơ học.

2- Trầm tích hoá học.

3- Trầm tích hỗn hợp.

4- Các sản phẩm của quá trình hậu sinh.

Phân loại của G. I. Teodorovich, M. S. Svetxov (bảng 2.1)

Trong các nhóm đá được phân biệt cụ thể:

1- Các đá trầm tích cơ học chủ yếu phân biệt theo độ hạt (bảng 2.2).

2- Đối với cát và cát kết phân biệt theo thành phần và tỷ lệ khoáng vật (bảng 2.3).

3- Các trầm tích - vụn núi lửa được phân theo thành phần, kích thước mảnh vụn và tỷ lệ vật liệu (bảng 2.4).

4- Đá vôi (bảng 2.5).

5- Trầm tích silic (bảng 2.6).

Bảng 2.1: Bảng phân loại đá trầm tích

I. V. Puxtôvalôp (1940)	M. S. Svetxôp (1958)
I. Sản phẩm phân dị cơ học	I. Đá vụn cơ học
1. Vụn thô (cuội, sỏi,...)	1. Đá vụn núi lửa
	2. Đá vụn cơ học
2. Cát	- Vụn thô
3. Bột	- Cát
	- Bột
II. Sản phẩm phân dị hoá học	II. Đá sét
1. Đá chứa sắt	
2. Đá chứa nhôm	
3. Đá chứa mangan	
4. Phosphorit	III. Đá trầm tích hoá học và sinh hóa
5. Silicolit	1. Trầm tích nhôm
6. Canxitolit	2. Trầm tích sắt
7. Đolomitolit	3. Trầm tích mangan
8. Kaolinolit	4. Trầm tích silic
9. Sunfatolit	5. Trầm tích phosphorit
10. Haloit	6. Trầm tích carbonat
11. Đá cháy	7. Trầm tích muối
III. Sản phẩm phân dị hỗn hợp	8. Trầm tích sinh vật cháy
IV. Sản phẩm biến đổi hậu sinh	

Bảng 2.2: Bảng phân loại trầm tích cơ học theo độ hạt
(theo học viên dầu mỏ Moskva)

Loại trầm tích	Đường kính hạt (mm)	Loại trầm tích	Đường kính hạt (mm)
Khối	> 1000	Cát lớn	1 - 0,5
Tảng lớn	1000 - 500	Cát vừa	0,5 - 0,25
Tảng vừa	500 - 250	Cát nhỏ	0,25 - 0,1
Tảng nhỏ	250 - 100		
Cuội lớn	100 - 50	Bột lớn	0,1 - 0,05
Cuội vừa	50 - 25	Bột vừa	0,05 - 0,025
Cuội nhỏ	25 - 10	Bột nhỏ	0,025 - 0,01
Sỏi lớn	10 - 5	Sét hạt lớn	0,01 - 0,001
Sỏi vừa	5 - 2,5	Sét nhỏ	< 0,001
Sỏi nhỏ	2,5 - 1		

Bảng 2.3: Phân loại cát và cát kết (theo Lovinhenco, 1961)

I. Đơn khoáng Thạch anh 90 -100 % II. Ít khoáng 1. Dạng acko thạch anh >50% felspat và các mảnh đá granitoit < 50% 2. Dạng grauvac: Thạch anh > 50% felspat và khoáng vật màu <50%	III. Đa khoáng 1. Acko thạch anh 10 - 50% felspat và các mảnh đá granitoit 90 - 50% 2. Grauvac: Thạch anh 10 - 50% felspat, mảnh đá macma mafic, khoáng vật màu 90 - 50% 3. Acko - grauvac 4. Grauvac - acko

Bảng 2.4: Bảng phân loại đá trầm tích vụn núi lửa

Cơ sở phân loại	Tên đá		
Số lượng vật liệu núi lửa (%)	> 90 tuf	90 - 3 tufit	30 - 10 tufogen
Kích thước mảnh vụn (mm)	Cuội kết. Dăm Kết: > 1 mm Cát: 1- 0,1 Bột: 0,1 - 0,01 Bùn: < 0,01 mm	-	-
Thành phần	Bazan, Spilit, andezit, ryolit, trachit	-	-

Bảng 2.5: Bảng phân loại đá vôi

Phụ nhóm	Loại
Nguồn gốc sinh vật	Đá vôi ám tiêu, mầm sinh vật
	Đá vôi sinh vật
	Đá phấn
Nguồn gốc hoá học	Tuf vôi
	Thạch nhũ, kết vỏ, travectanh
	Đá vôi trứng cá, giả trứng cá, pizolit
	Kết hạch vôi
	Đá vôi vi hạt

Bảng 2.6: Bảng phân loại trầm tích silic

Nguồn gốc	Thành phần		
	Opan	Opan, opan - canxeđon	Canxedon, thạch anh
Sinh vật Sinh hoá học	Điatonit Trepen, Radiolarit	Xpongilit Radiolarit Trepen	
Hoá học	Gezorit, kết vỏ, kết hạch silit	Ngọc bích, kết hạch silit	Ngọc bích, lidit, kết hạch silit, jatpilit.

2.2. CÁC ĐƠN VỊ ĐỊA TẦNG

2.2.1. Thời biểu địa chất và thang địa tầng quốc tế

Được quy ước theo tiêu chuẩn quốc tế, trong đó về mặt thời gian phân ra các bậc: nguyên đại, kỷ, thế, kỳ. Ứng với các đơn vị thời gian là các thang địa tầng tương ứng: giới, hệ, thống, bậc. Các đơn vị đó đã được nghiên cứu khá kỹ và so sánh trong phạm vi toàn cầu.

Chúng tôi xin giới thiệu nguyên bản "thang địa tầng Quốc tế" (International Stratigraphic Chart) của Hội Địa tầng Quốc tế (ICS) thuộc Hội Địa chất Quốc tế (IUGS), được phổ biến chính thức tại Hội nghị Địa chất quốc tế lần thứ 32 tại Florence, tháng 8 năm 2004.

Các đề mục phía trên chú thích bằng tiếng Việt, nhưng tên các giới, hệ, thống, bậc, các ký hiệu và màu, theo tiêu chuẩn quốc tế được giữ nguyên bản gốc (bảng 2.7).

Các điểm có chữ GSSP là ranh giới địa tầng theo mặt cắt và điểm chuẩn được xác định bởi tài liệu cổ sinh - địa tầng viết tắt của chữ: Global Standard Stratotype section and Point, dùng cho các phân vị địa tầng liên giới Phanerozoi (PH), nghĩa là từ Cambri đến Đệ Tứ.

Các điểm có chữ GSSA (Global Stadard Stratigraphic Agechart) là ranh giới địa tầng chuẩn quốc tế theo tài liệu tuổi tuyệt đối, dùng cho các phân vị địa tầng trước Cambri (Precambri).

Để được quy định ranh giới địa tầng chuẩn phải có hơn 60% số người trong nhóm chuyên môn nghiên cứu địa tầng quốc tế đồng ý, thông qua tiểu ban chuyên môn của Hội Địa tầng Quốc tế, cũng như toàn thể hội viên của ICS và được Hội Địa chất Quốc tế phê chuẩn.

2.2.2. Địa tầng địa phương

Khi chưa xác định chính xác theo thang địa tầng quốc tế người ta dùng các *đơn vị địa tầng địa phương*.

- *Loạt* (hệ điệp): gồm những tầng trầm tích, phun trào, biến chất rất dày, có thành phần phức tạp, tương ứng với một chu kỳ kiến tạo. Loạt tương đương với hệ và lớn hơn thống.

Bảng 2.7. Thang địa tầng quốc tế (International stratigraphic Chart)

LIÊN GIỚI	NGUYÊN ĐẠI (GIỚI)	KỶ (HỆ)	THẾ (THỐNG)	KỲ (BẬC)	TUỔI (triệu năm)	(+) (–)		KÍ HIỆU BẬC	KÍ HIỆU THỐNG	KÍ HIỆU HỆ
PHANEROZOIC PH	CENOZOIC CZ	Quaternary	HOLOCENE						Q_2	Q
			PLEISTOCENE		0.01				Q_1	
				Calabrian	1.81		GSSP			
		NEOGENE	PLIOCENE	Gelasian	2.58		GSSP	n9	N_2	N
				Piacenzian	3.60		GSSP	n8		
				Zanclean	5.32		GSSP	n7		
			MIOCENE	Messinian	7.12		GSSP	n6	N_1	
				Tortonian	11.2			n5		
				Serravallian	14.8			n4		
				Langhian	16.4			n3		
				Burdigalian	20.5			n2		
				Aquitanian	23.8		GSSP	n1		
		PALEOGENE	OLIGOCENE	Chattian	28.5			e9	E_3	E
				Rupelian	33.7		GSSP	e8		
			EOCENE	Priabonian	37.0			e7	E_2	
				Bartonian	41.3			e6		
				Lutetian	49.0			e5		
				Ypresian	55.0			e4		
			PALEOCENE	Thanetian	57.9			e3	E_1	
				Selandian	61.0			e2		
				Danian	65.5	0.1	GSSP	e1		
	MESOZOIC MZ	CRETACEOUS	MUỘN (TRÊN)	Maastrichtian	71.3	0.5	GSSP	k6	K_2	K
				Campanian	83.5	0.5		k5		
				Santonian	85.8	0.5		k4		
				Coniacian	89.0	0.5		k3		
				Turonian	93.5	0.2		k2		
				Cenomanian	98.9	0.6	GSSP	k1		
			SỚM (DƯỚI)	Albian	112.2	1.1		b6	K_1	
				Aptian	121.0	1.4		b5		
				Barremian	127.0	1.6		b4		
				Hauterivian	132.0	1.9		b3		
				Valanginian	136.5	2.2		b2		
				Berriasian	142.0	2.6		b1		
		JURASSIC	MUỘN (TRÊN)	Tithonian	150.7	3.0		j7	J_3	J
				Kimmeridgian	154.1	3.3		j6		
				Oxfordian	159.4	3.6		j5		
			GIỮA	Callovian	164.4	3.8		j4	J_2	
				Bathonian	169.2	4.0		j3		
				Bajocian	176.5	4.0	GSSP	j2		
				Aalenian	180.1	4.0	GSSP	j1		
			SỚM (DƯỚI)	Toarcian	189.6	4.0		l4	J_1	
				Pliensbachian	195.3	3.9		l3		
				Sinemurian	201.9	3.9	GSSP	l2		
				Hettangian	205.1	4.0		l1		
		TRIASSIC	MUỘN (TRÊN)	Rhaetian	209.6	4.1		t7	T_3	T
				Norian	220.7	4.4		t6		
				Carnian	227.4	4.5		t5		
			GIỮA	Ladinian	234.3	4.6		t4	T_2	
				Anisian	241.7	4.7		t3		
			SỚM (DƯỚI)	Olenekian	244.8	4.8		t2	T_1	
				Induan	250	4.8	GSSP	t1		

LIÊN GIỚI	NGUYÊN ĐẠI (GIỚI)	KỶ (HỆ)	THẾ (THỐNG)	KỲ (BẬC)	TUỔI (triệu năm)	(+) (−)		KÍ HIỆU BẬC	KÍ HIỆU THỐNG	KÍ HIỆU HỆ
PHANEROZOIC PH	PALEOZOIC PZ	PERMIAN	LOPINGIAN	Changhsingian	251.4 253.4	3.6		p9	P_3	P
				Wuchiapingian				p8		
			GUADALUPIAN	Capitanian	265		GSSP	p7	P_2	
				Wordian			GSSP	p6		
				Roadian			GSSP	p5		
			CISURALIAN	Kungurian				p4	P_1	
				Artinskian	283			p3		
				Sakmarian				p2		
				Asselian	292		GSSP	p1		
		CARBONIFEROUS	PENNSYLVANIAN	*Gzhelian*				c7	C_2	C
				Kazimovian				c6		
				Moscovian				c5		
				Bashkirian	320		GSSP	c4		
			MISSISSIPPIAN	*Serpukhovian*	327			c3	C_1	
				Visean	342	3.6		c2		
				Tournaisian	354	4	GSSP	c1		
		DEVONIAN	MUỘN (TRÊN)	Famennian	364		GSSP	d7	D_3	D
				Frasnian	370		GSSP	d6		
			GIỮA	Givetian	380		GSSP	d5	D_2	
				Eifelian	391		GSSP	d4		
			SỚM (DƯỚI)	Emsian	400		GSSP	d3	D_1	
				Pragian	412		GSSP	d2		
				Lochkovian	417		GSSP	d1		
		SILURIAN	PRIDOLI		419		GSSP	s8	S_4	S
			LUDLOW	Ludfordian			GSSP	s7	S_3	
				Gorstian	423		GSSP	s6		
			WENLOCK	Homerian			GSSP	s5	S_2	
				Sheinwoodian	428		GSSP	s4		
			LLANDOVERY	Telychian			GSSP	s3	S_1	
				Aeronian			GSSP	s2		
				Rhuddanian	440		GSSP	s1		
		ORDOVICIAN	MUỘN (TRÊN)	*"sixth stage"*					O_3	O
				"fifth stage"			GSSP			
			GIỮA	Darriwilian	467.5	3	GSSP		O_2	
				"third stage"						
			SỚM (DƯỚI)	*"second stage"*			GSSP		O_1	
				Tremadocian	495		GSSP			
		CAMBRIAN	*FURONGIAN*	*Paibian*	500		*GSSP*		$Є_3$	Є
			GIỮA		520				$Є_2$	
			SỚM (DƯỚI)		545		GSSP		$Є_1$	

LIÊN GIỚI		NGUYÊN ĐẠI (GIỚI)	KỶ (HỆ)	TUỔI (triệu năm) (+) (–)		KÍ HIỆU HỆ	KÍ HIỆU GIỚI
PRECAMBRIAN PC-	PROTEROZOIC PR	NEOPROTEROZOIC	NEOPROTEROZOIC III	540 – 650	GSSA	NP_3	NP
			CRYOGENIAN	850	GSSA	NP_2	
			TONIAN	1000	GSSA	NP_1	
		MESOPROTEROZOIC	STENIAN	1200	GSSA	MP_3	MP
			ECTASIAN	1400	GSSA	MP_2	
			CALYMMIAN	1600	GSSA	MP_1	
		PALEOPROTEROZOIC	STATHERIAN	1800	GSSA	PP_4	PP
			OROSIRIAN	2050	GSSA	PP_3	
			RHYACIAN	2300	GSSA	PP_2	
			SIDERIAN	2500	GSSA	PP_1	
	ARCHEAN AR	NEOARCHEAN	Chưa phân chia	2800			NA
		MESOARCHEAN		3200			MA
		PALEOARCHEAN		3600			PA
		EOARCHEAN					EA

- *Điệp:* khối lượng điệp tương đương với bậc hoặc lớn hơn (một hoặc hai bậc). Trong một điệp không có bất chỉnh hợp lớn.

- *Tầng:* Khối lượng nhỏ hơn bậc và lớn hơn đới.

2.1.3. Địa tầng tự do

Những thể địa chất chưa được nghiên cứu đầy đủ, không thể xếp vào thang địa tầng quốc tế hay địa phương và không đủ điều kiện để chia thành một đơn vị địa tầng mới, người ta dùng đơn vị địa tầng tự do và chỉ dùng với tính chất tạm thời.

Các đơn vị địa tầng tự do:

Phức hệ: trầm tích rất dày, thành phần phức tạp, phân bố rộng. Giữa các phức hệ là các bất chỉnh hợp góc lớn. Phức hệ có thể tương đương với loạt.

Tên phức hệ gọi theo tên địa phương hoặc tên đá kèm theo. Ví dụ phức hệ biến chất Sông Hồng.

Hệ tầng: gồm nhiều tầng trầm tích, phun trào, biến chất, khối lượng tương đương với điệp.

Hệ tầng được gọi theo tên địa phương.

Tầng: là một phân vị của hệ tầng, gồm các trầm tích hay trầm tích phun trào có độ dày nhỏ, có một số đặc điểm nổi bật: tầng chứa than, tầng chứa bauxit... Ví dụ tầng chứa bauxit Đồng Đăng.

Tầng có khi còn gọi là phụ hệ tầng.

Lớp: là một phần của tầng có thành phần thạch học đồng nhất, có đặc điểm thạch học hay cổ sinh dễ dàng phân biệt với các phân vị địa tầng khác.

2.3. MỐI QUAN HỆ GIỮA ĐỊA TẦNG VỚI CÁC MỎ TRẦM TÍCH

Các mỏ trầm tích thường được hình thành trong những điều kiện địa chất, khí hậu thích hợp và tập trung trong những địa tầng, tướng đá nhất định. Những mỏ trầm tích quan trọng nhất là: than, dầu khí, sắt, mangan, bauxit, đồng, chì, kẽm, vanadi, urani, giecmani; các mỏ sa khoáng: vàng, thiếc, wonframit, inmenit, monazit, kim cương, đá quý, ...; các loại khác: phosphorit, sét, kaolin, dolomit, đá vôi, vật liệu xây dựng, muối mỏ, ...

2.3.1. Mỏ trầm tích hoá học từ dung dịch keo

Điển hình cho loại này là sắt, nhôm, mangan. N.M. Strakhov (1947) đã xác định 7 thời đại chính và 9 thời đại phụ tạo thành các mỏ sắt trầm tích.

1. Thời đại trước Cambri

Sắt đi cùng với các trầm tích silic và biến chất mạnh tạo thành quarzit sắt. Các mỏ này chiếm 90% sắt trầm tích. Ví dụ mỏ Crivoi - Rog, KMA (Ukraina), Hồ Thượng (Bắc Mỹ), ...

2. *Thời đại Cambri*: Phân bố ở Xiberi, Kazacxtan, Triều Tiên, Mỹ, Anh, Italia,...

3. *Thời đại Ordovic giữa*: Như ở Pháp, Anh, Đức, Scotlen.

4. *Thời đại Silur sớm*: Như mỏ Clinton ở Mỹ...

5. *Thời đại Carbon*: Phân bố ở Kazactan, Urale, Bắc Mỹ, Tây Âu.

6. *Thời đại Jura*: Ở miền nền Nga, Urale, Anh, Pháp.

7. *Thời đại Neogen muộn*: Phân bố khá nhiều nơi, điển hình là mỏ Kectso ở nền Nga.

Theo Strakhov, *trong những thời kỳ mà sự hình thành một khoáng sản nào đó chiếm ưu thế hơn gọi là thời đại kim sinh*. Nó chiếm phạm vi trong toàn thế giới.

* ***Quặng Mangan:*** Mangan trầm tích chiếm ưu thế và được thành tạo trong những thời đại tương tự như sắt và nhôm nhưng cường độ trầm tích khác nhau.

Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu là oxyt như psilomelan, pirolusit, manganit, braonit, xa bờ là carbonat và silicat mangan (rodocrosit, rodonit...).

* ***Bauxit***

Quặng bauxit cũng được thành tạo trong các thời đại tương tự như sắt và mangan. Chúng được thành tạo chủ yếu trong môi trường lục địa hay gần bờ.

Ở Việt Nam, bauxit trầm tích phân bố một dải khá rộng từ Lạng Sơn, Cao Bằng đến Hà Giang. Chúng nằm trên mặt bào mòn không đều của đá vôi Pecmi sớm nên phân bố không liên tục mà gồm một dãy các ổ, các thấu kính nối tiếp nhau.

Thành phần khoáng vật gồm: diaspo, bơmit, kaolinit, clorit, hematit. Hàm lượng Al_2O_3 thay đổi từ 42 - 57,5%.

2.3.2. Mỏ trầm tích hoá học từ dung dịch thật

Gồm các mỏ muối, anhydrit, thạch cao, một số mỏ kim loại: đồng, chì, kẽm... Ở nước ta, các mỏ này ít có ý nghĩa vì chúng được thành tạo trong đới khí hậu khô nóng như mỏ đồng Mansfel (Đức), Udocan (Nga), mỏ chì - kẽm Slonsko - Silezi (Ba Lan).

2.3.3. Mỏ trầm tích sinh hoá

Các mỏ này đóng vai trò rất quan trọng như phosphorit, carbonat hữu cơ, đá sinh vật (diatomit), lưu huỳnh, than và dầu khí.

* ***Than***

Than trên thế giới được thành tạo trong ba thời đại chính:

- *Thời đại Carbon*: Chiếm 24% trữ lượng.
- *Thời đại Pecmi và Jura*: Chiếm 20%.
- *Thời đại Creta muộn - Đệ Tam*: có trữ lượng rất lớn (53%).

Ở Việt Nam than thành tạo ở 4 thời kỳ:

- *Than Pecmi*: ít có ý nghĩa công nghiệp

- *Than Trias muộn*: quan trọng nhất, tập trung ở bể than Hòn Gai - Quảng Yên trong hệ tầng Hòn Gai ($T_{3n-r}hg$). Ngoài ra còn có mặt trong hệ tầng Hà Cối ($T_{3n}hc$), hệ tầng Suối Bàng ($T_{3n}sb$), hệ tầng Nông Sơn ($T_{3n}ns$).

- *Than Đệ Tam*: Phân bố ở nhiều nơi như Na Dương (Lạng Sơn), Nghệ An, đồng bằng Bắc Bộ.

- *Than bùn trong trầm tích Đệ Tứ*

*** Apatit**

Apatit được thành tạo bằng con đường trầm tích do sinh vật hấp phụ phospho mang tới nguồn nước hay do hoạt động phun trào dưới nước và lắng đọng theo hai phương thức sinh hoá hay sinh vật.

Apatit miền địa máng có quy mô lớn, phân bố trong các miền trũng trên thềm lục địa. Trong miền nền, chúng phân bố trong các máng nền và có quy mô nhỏ hơn.

Bể apatit Lào Cai phân bố thành một dải theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, dọc bờ phải sông Hồng từ làng Lếch đến Bát Xát (Lào Cai) kéo dài hơn 100km.

Đá chứa apatit có tuổi Cambri sớm thuộc hệ tầng Cam Đường, thành phần khoáng vật chủ yếu: apatit, dolomit, ngoài ra có: thạch anh, muscovit, pyrit, oxyt mangan...

2.3.4. Mỏ trầm tích - phun trào

Có ý nghĩa nhất là sắt, mangan, bauxit, pyrit...

2.3.5. Các mỏ sa khoáng

Các mỏ sa khoáng có ý nghĩa rất lớn. Một nửa sản lượng trước đây của kim cương, vàng, thiếc, wonfram, titan, platin được khai thác từ sa khoáng. Ngoài ra còn có monazit, magnetit, granat, corindon, cromit, zircon...

2.4. TƯỚNG TRẦM TÍCH

2.4.1. Định nghĩa và phân loại tướng trầm tích

Do hoàn cảnh địa lý khác nhau khi thành trầm tích nên trong một lãnh thổ nhất định nhưng ở những vị trí khác nhau có thành phần, độ hạt và tính chất khác nhau, tạo ra các tướng khác nhau.

Tướng trầm tích là toàn bộ các tính chất đặc trưng của một loại đá (hay quặng) trầm tích nào đó (thành phần khoáng vật, hoá học, cổ sinh vật, cấu tạo và kiến trúc, màu sắc,...) *tích tụ ở một miền nhất định, mà ở đó chế ngự những điều kiện trầm tích riêng biệt khác với vùng bên cạnh.*

Theo N.S. Satski (1955), *"tướng trầm tích là hoàn cảnh vật lý - địa lý của sự trầm đọng các vật liệu trầm tích"*.

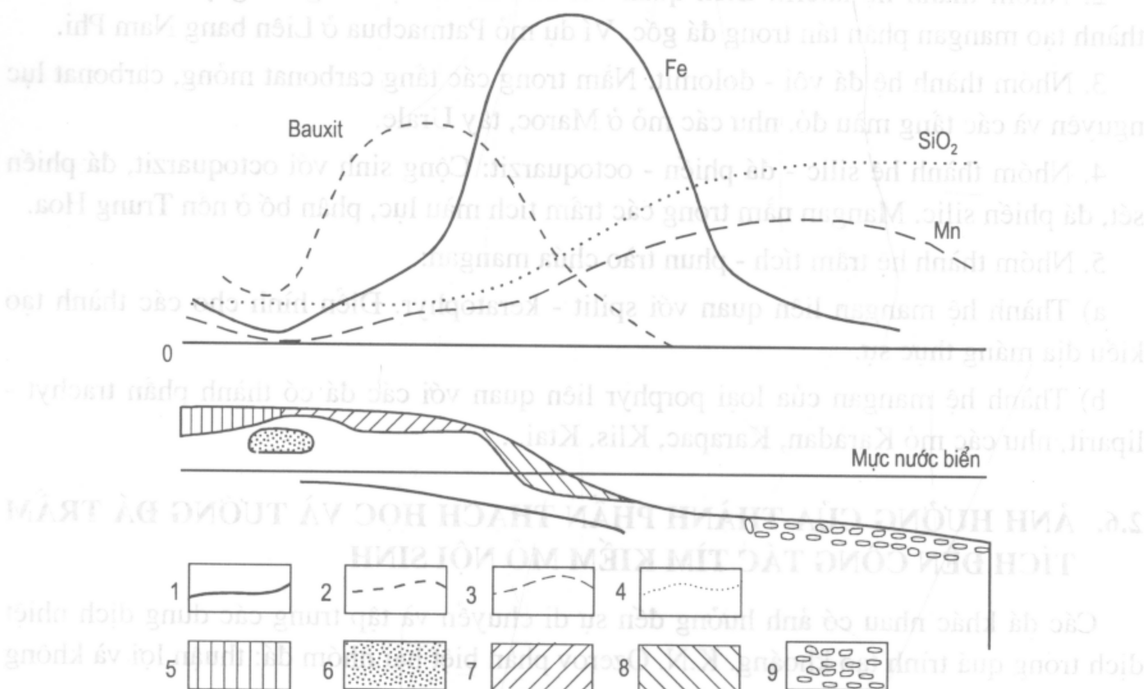
Dựa theo khái niệm và định nghĩa nêu trên người ta phân ra các loại tướng khác nhau: tướng biển, tướng lục địa, tướng hỗn hợp. Riêng về trầm tích hoá học trong môi trường biển, L.V. Pustovalov (1940) đề nghị một sơ đồ phân dị từ bờ ra xa như sau:

Oxyt - phosphorit - silicat - carbonat - sunfat - clorua.

2.4.2. Ý nghĩa của tướng trầm tích trong công tác tìm kiếm

N.M. Strakhov nêu ra mối quan hệ giữa các trầm tích hoá học và sinh hoá học của các nhóm nguyên tố khác nhau. Từ bờ biển ra xa có sự hoạt động địa hoá khác nhau và dẫn đến sự trầm đọng các khối vật chất có thành phần khác nhau.

Sự chuyển biến tướng và cường độ tập trung của các khoáng sản tuân theo những quy luật nhất định, điển hình nhất là mối quan hệ của bauxit, sắt, mangan trong trầm tích (hình 2.1).



Hình 2.1: *Mặt cắt tướng của quặng sắt, mangan và bauxit (theo N. M. Strakhov)*

1- Đường phân bố quặng sắt theo các tướng khác nhau; 2- Đường phân bố quặng mangan; 3- Đường phân bố bauxit; 4- Đường phân bố SiO_2; 5- Quặng trong vỏ phong hoá; 6- Quặng trong đới di chuyển của nước; 7- Quặng trong đầm hồ; 8- Quặng Siđerit trong bể than; 9- Quặng Siđerit trong đới dưới (sét).

Sắt và mangan trầm tích có một đặc điểm khá đặc trưng là sự giảm dần hoá trị từ trong đến xa bờ. Quặng mangan có sự chuyển từ tướng oxyt sang carbonat và từ hoá trị 4 (pyroluzit, psylomelan, cryptomelan, polyanit) sang hoá trị 3 (manganit, braunit) đến hoá trị 2 (rodocrozit).

2.5. MỐI LIÊN QUAN GIỮA TƯỚNG VÀ THÀNH HỆ

Khi áp dụng tiền đề tướng đá phải đặc biệt chú ý đến thành hệ, vì chúng có mối liên quan chặt chẽ với nhau.

Theo N.S. Satski, *tướng phản ánh những đặc điểm địa chất cơ bản của môi trường mà trong đó đã sinh thành những thành hệ đá và khoáng sản đi với chúng.*

Dưới đây chỉ nêu ra một ví dụ về thành hệ mangan.

I. M. Varenxov (1962) các thành hệ trầm tích và trầm tích phun trào chứa mangan chính như sau:

1. Thành hệ Nicopon: Xuất thân từ các sản phẩm phong hoá của đá mafic, được vận chuyển và tích tụ trong vùng gần bờ nước nông hay vũng vịnh. (Nicopon, Tocmaski ở Ucraina, mỏ Xiatua ở Gieocgi, mỏ bắc Urale...)

2. Nhóm thành hệ laterit: Liên quan với các thành hệ mangan nguyên sinh và các thành tạo mangan phân tán trong đá gốc. Ví dụ mỏ Patmacbua ở Liên bang Nam Phi.

3. Nhóm thành hệ đá vôi - đolomit: Nằm trong các tầng carbonat mỏng, carbonat lục nguyên và các tầng màu đỏ. như các mỏ ở Maroc, tây Urale.

4. Nhóm thành hệ silic - đá phiến - octoquarzit: Cộng sinh với octoquarzit, đá phiến sét, đá phiến silic. Mangan nằm trong các trầm tích màu lục, phân bố ở nền Trung Hoa.

5. Nhóm thành hệ trầm tích - phun trào chứa mangan:

a) Thành hệ mangan liên quan với spilit - keratophyr. Điển hình cho các thành tạo kiểu địa máng thực sự.

b) Thành hệ mangan của loại porphyr liên quan với các đá có thành phần trachyt - liparit, như các mỏ Karadan, Karapac, Klis, Ktai...

2.6. ẢNH HƯỞNG CỦA THÀNH PHẦN THẠCH HỌC VÀ TƯỚNG ĐÁ TRẦM TÍCH ĐẾN CÔNG TÁC TÌM KIẾM MỎ NỘI SINH

Các đá khác nhau có ảnh hưởng đến sự di chuyển và tập trung các dung dịch nhiệt dịch trong quá trình tạo khoáng. K.N. Ozerov phân biệt hai nhóm đá: thuận lợi và không thuận lợi cho tạo khoáng.

- Đá thuận lợi gồm phun trào axit và các vật liệu núi lửa của chúng, xâm nhập axit, arkco, quarzit, felspat và carbonat.

- Đá không thuận lợi là đá phiến sét, đá phiến mica, filit, đá xâm nhập và phun trào mafic, siêu mafic.

2.7. MỐI LIÊN QUAN THÀNH PHẦN, TƯỚNG ĐÁ VỚI CÁC MỎ VỎ PHONG HOÁ

Khi tìm kiếm các mỏ vỏ phong hoá, người ta cần nghiên cứu thành phần và tướng đá, nhất là các thành tạo đã sinh thành ra vật liệu khoáng sản.

Ví dụ: Các mỏ bauxit được thành tạo từ nhiều loại đá khác nhau: xâm nhập, phun trào, trầm tích. Mỏ bauxit ở Ấn Độ thành tạo trên đá bazan có tuổi Creta. Ở miền Nam Việt Nam, bauxit phát triển rộng rãi nhưng chỉ có vỏ phong hoá các đá bazan lộ trên mặt thuộc hệ tầng Đại Nga (βN_2-Q_1*dn*) và Túc Trưng (βN_2-Q_1*tt*) có bauxit laterit. Các vùng có tiềm năng lớn là Dak-Nông, Bảo Lộc, Di Linh, Kon Plong, Kon Hà Nừng...

Các mỏ sét, kaolin phong hoá trên nhiều loại đá trầm tích, phun trào, biến chất, magma gặp rất nhiều ở nước ta.

Mỏ phosphorit tàn dư được thành tạo trên các đá chứa phosphorit nguyên sinh như mỏ apatit Lào Cai.

Ngoài ra còn nhiều loại mỏ vỏ phong hoá có liên quan đến thành phần và tướng đá trầm tích nhất định.

Chương III
TIỀN ĐỀ MAGMA

Để tìm kiếm các mỏ nội sinh phải nghiên cứu thành phần, cấu trúc, tuổi của đá magma và mối quan hệ nguồn gốc và không gian với các mỏ nhất định.

3.1. PHÂN LOẠI ĐÁ MAGMA

3.1.1. Phân loại đá theo hàm lượng SiO_2, chia ra các nhóm đá:

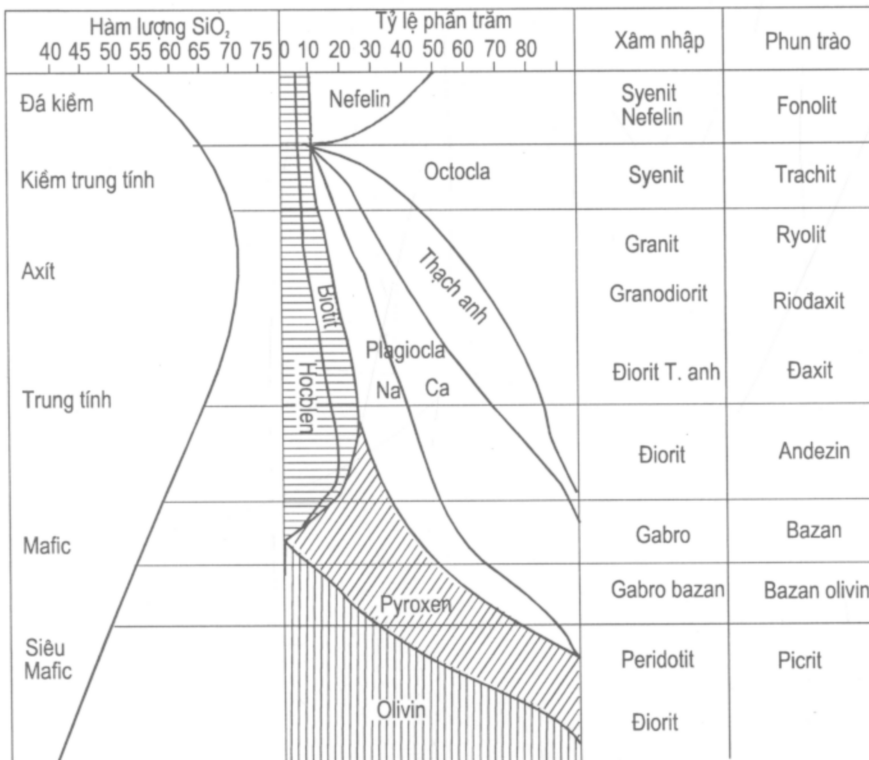
Axit: Hàm lượng $SiO_2 > 65\%$.

Trung tính: SiO_2 : 52 - 65%.

Mafic: SiO_2: 40 - 52%.

Siêu mafic: $SiO_2 < 40\%$.

Tuỳ hàm lượng của SiO_2 cũng như các khoáng vật trong đá có thể biểu thị các loại đá magma theo sơ đồ (hình 3.1).



Hình 3.1: Sơ đồ phân loại đá magma theo SiO_2 và thành phần khoáng vật

3.1.2. Phân loại theo thành phần khoáng vật và kiến trúc

Zavaritski đã phân loại đá magma theo thành phần khoáng vật và kiến trúc. Trên bảng 3.1 chỉ lập bảng phân loại tóm tắt theo tài liệu đó.

Bảng 3.1: Phân loại đá magma theo thành phần khoáng vật (Lập theo tài liệu của Zavariski)

Nhóm	Xâm nhập sâu *	Phun trào **	Khoáng vật chủ yếu	Khoáng vật đặc trưng	Khoáng vật màu
Axit	Granit kiềm	Liparit kiềm	Felspat kiềm K-Na Na	Nhiều thạch anh	Biotit, pyroxen, pyroxen kiềm, Amphibol
	Granit	Riolit, liparit			
	Syênit kiềm	Trachit kiềm		Không có thạch anh	
	Syênit	Trachit			
	Syênit nêfêlin	Phonolit		Có felspatoit	
Trung tính	Granodiorit	Đaxit	Lượng Felspat kiềm = plagiocla	Có thạch anh	Biotit Pyroxen Hocblen
	Monsonit thạch anh	Đolerit			
	Monsonit	Trachit, andezit		Không thạch anh	
	Điorit thạch anh	Đaxit	Plagiocla		
	Điorit	Andezit		Không Olivin	
Mafic	Gabronorit	Bazan, đolerit		Có Olivin	Pyroxen Hocblen
	Teralit, Etxexit	Tefrit, bazanit		Không có felspat, có felspatoit	Pyroxen
	Izolit, uatit, Mixurit	Nêfelinit			Ogit
Siêu mafic	Pyroxenit	ogitit Limburgit	Pyroxen	Không có khoáng vật allumosilicat	
	Peridolit Đunit	Picritoporphyr	Olivin		

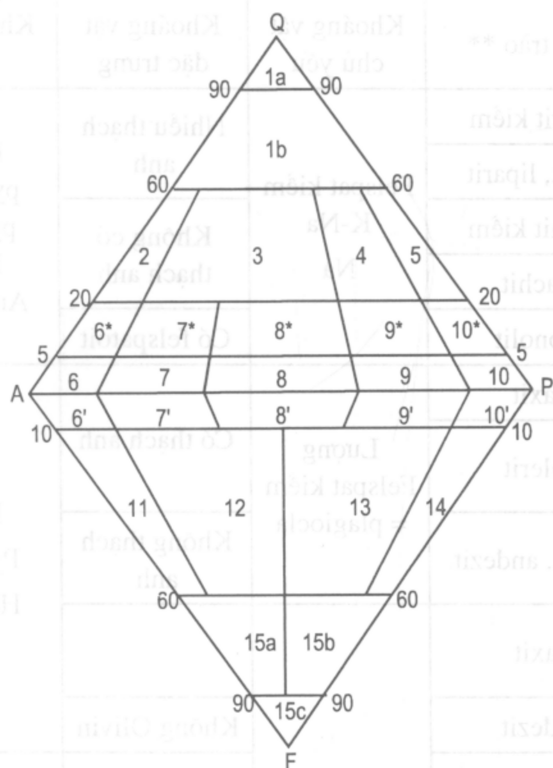
** Á xâm nhập, thể tường: có thành phần tương tự, nhưng kiến trúc vi tinh và porphyr.*

*** Đây là phun trào kiểu mới. Phun trào kiểu cũ có thành phần tương tự, đã bị biến đổi, thường có kiến trúc porphyr.*

3.1.3. Phân loại của A. Streckeisen (1972)

Biểu diễn theo sơ đồ hình tam giác (hình 3.2). Q + A + P = 100% tương ứng với tam giác trên, A + P + F = 100 tương ứng với tam giác dưới. Trong đó: Q - thạch anh; A- felspat kali; P - plagiocla, F - Felspatoit.

Theo sơ đồ này đá được chia ra 15 trường chính biểu thị cho các loại đá khác nhau (bảng 3.2).



Hình 3.2: Biểu đồ phân loại đá magma (theo A. Streckeisen 1972)

Bảng 3.2. Bảng phân loại đá magma theo A. Streckeisen (1972)

Ký hiệu	Đá magma xâm nhập	Đá magma phun trào tương ứng
1	*2*	*3*
1[a]	Đá thạch anh (quarzilit, silexit)	Đá thạch anh (quarzilit, silexit)
1[b]	Granit giàu thạch anh	Granit giàu thạch anh
2	Granit felspat kiềm	Ryolit kiềm
3	Granit	Ryolit/liparit
4	Granođiorit	Đaxit
5	Tonalit	Đaxit
6	Syenit felspat kiềm	Trachyt kiềm
6*	Syenit thạch anh felspat kiềm	Trachyt kiềm thạch anh
6'	Syenit thạch anh felspat kiềm chứa foid	Trachyt kiềm chứa foid
7	Syenit	Trachyt

1	2	3
7*	Syenit thạch anh	Trachyt thạch anh
7'	Syenit chứa foid	Trachyt chứa foid
8	Monzonit	Latit
8*	Monzonit thạch anh	Latit thạch anh
8`	Monzonit chứa foid	Latit chứa foid
9	Monzodiorit/gabro	Andezit, bazan
9*	Monzodiorit/gabro thạch anh	Andezit, bazan chứa thạch anh
9'	Monzodiorit chứa foid	Andezit, bazan chứa foid
10	Điorit / gabro / anortozid	Andezit, bazan
10*	Điorit / gabro / anortozit thạch anh	Andezit, bazan
10'	Điorit / gabro / anortozid chứa foid	Andezit, bazan
11	Syenit foid	Fonolit
12	Monzosyenit foid	Fonolit tefrit
13	Monzodiorit/ monzogabro foid	Tefrit fonolit
14	Điorit/ gabro foid	Tefrit, bazanit
15	Foidolit	15a- Foidit fônlit
		15b- Foidit tefrit
		15c- Foidit

3.1.4. Một số khái niệm về đá magma

Thành hệ magma: là tập hợp tự nhiên của các đá magma, xuất hiện một cách có quy luật trong các giai đoạn nhất định của sự phát triển các cấu trúc lớn của vỏ Quả đất.

Trong một thành hệ có các đặc điểm chung về thành phần thạch học, hoá học, các quá trình hoá lý trong lò magma.

Trong các đơn vị lớn của vỏ Quả đất như địa máng, nền, khối trung tâm, miền hoạt hoá hay đại dương có những thành hệ magma đặc trưng và các khoáng sản liên quan. Ví dụ, trong miền địa máng có các thành hệ:

Giai đoạn đầu có:

+ Thành hệ spilit – kêratophyr và porphyrit.

+ Thành hệ periđotit.

+ Thành hệ đunit, pyroxenit, gabro.

+ Thành hệ syênit – plagiogranit.

Giai đoạn giữa:

+ Thành hệ granođiorit.

+ Thành hệ granit.

+ Thành hệ trachyt – anđezit.

+ Thành hệ liparit – trachyt.

Giai đoạn cuối:

+ Thành hệ anđêzit, đaxit, liparit- đaxit

+ Các thành hệ xâm nhập granit, granođiorit, điorit- thạch anh.

Phức hệ magma: là tập hợp các đá magma và dung dịch nhiệt dịch phát triển trong một quá trình hoạt động magma – kiến tạo có tuổi xác định (được xẩy ra trong một khu vực cụ thể).

Tập hợp cộng sinh của một hay nhiều loại đá magma với trình tự thành tạo nhất định.

- Có những đặc điểm đặc trưng về thạch học và thạch hoá.

- Có mối liên quan cụ thể với đá vây quanh.

- Có những đặc điểm riêng về cấu trúc, thế nằm...

Loạt magma: bao gồm nhiều phức hệ magma phát triển ở cùng một khu vực có liên quan với nhau về nguồn gốc.

Trong một loạt magma có nhiều loại đá từ siêu mafic đến axit, có thể phân dị liên tục như loạt Fanxipan có thành phần từ axit đến kiềm hoặc không liên tục như loạt Bản Xang – Núi Nưa – Piabioc.

Hoạt động magma theo quan điểm của thuyết kiến tạo mảng:

Theo thuyết kiến tạo mảng, magma được hình thành từ những đơn vị kiến trúc khác nhau có thành phần và các kiểu khác nhau. Chủ yếu trong 4 đơn vị:

1. Rìa mảng kiến sinh, gồm:

+ Sống núi giữa đại dương.

+ Các tâm tách giãn sau cung.

+ Các biển rìa.

2. Rìa mảng phá huỷ:

+ Cung đảo.

+ Rìa lục địa hoạt động.

3. Trong mảng đại dương: gồm các đảo ở đại dương

4. Trong mảng lục địa:

+ Bazan nền lục địa.

+ Ript lục địa.

Theo quan điểm thạch luận nguồn gốc, người ta chia ra các loạt magma chủ yếu:

- Loạt toleit.

- Loạt kiềm vôi.

- Loạt kiềm.

Sự phân chia đó chủ yếu dựa vào thành phần hoá học trên cơ sở so sánh các nguyên tố chính, nguyên tố phụ, nguyên tố phân tán và tính chất đồng vị của một số nguyên tố.

Các kiểu granitoit:

** Kiểu I:*

- Được thành tạo từ dung thể magma, bắt nguồn từ sự nóng chảy từng phần chủ yếu của đá magma.

- Thành tạo ở rìa lục địa, trên các đới hút chìm gồm các xâm nhập lớn..

- Tỷ lệ: gabrodiorit (15%), granodiorit (50%), granit (35%)

Liên quan với phun trào, thường chứa amphibol, ít muscovit; khoáng vật phụ: magnetit, ortit, sphen. Vắng mặt các khoáng vật giàu nhôm (cordierit, granat, andalusit...)

- Nghèo nhôm: $\frac{Al}{Na} + K + \frac{Ca}{2} < 1,1$

- Giàu Na, Ca, thường Na > K, mang tính sodic.

- Độ oxy hoá cao: $\frac{Fe_2O_3}{Fe_2O_3 + FeO} > 0,35$

- Tỷ lệ đồng vị: $\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}} < 0,706$

** Kiểu S:*

- Thành tạo giữa các đới va chạm lục địa - lục địa, lục địa - cung đảo, đôi khi trong mảng lục địa.

- Gồm các xâm nhập nhỏ, thường là micmatit.

- Có chứa các khoáng vật giàu nhôm (silimanit, cocđierit, granat).

- Khoáng vật quặng: Inmenit (pyrit)

- Nghèo Ca, giàu K: $K_2O > 5\%$, $Na_2O < 3,2\%$, mang tính potasic.

- Độ oxy hoá thấp $\frac{Fe_2O_3}{Fe_2O_3 + FeO} < 0,35$

- Tỷ lệ đồng vị: $\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}} > 0,706$

** Kiểu A:*

Thành tạo trong mảng lục địa, bị nóng chảy do nhiệt của vòm manti dâng lên trong rift.

- Thường chứa anortocla, kiến trúc vân chữ.

- Biotit có thành phần annit (kết tinh muộn).

- Khoáng vật màu có: fayalit, pyroxen kiềm, amphibol kiềm.

- Tổng lượng kiềm $Na_2O + K_2O$ lớn, tỷ lệ $\frac{Ca}{Al}$ cao.

- Tăng cao các nguyên tố: Nb, Ta, Ga, Zr, Y, La, Pb, Zn, Sn, W.

Ngoài ra, có thể phân loại tỷ mỉ hơn, nhưng trong công tác tìm kiếm chỉ cần áp dụng những phân loại cơ bản nhất nêu trên.

3.1.5. Phân loại nguồn gốc granitoit

Các loạt granitoit:

A - Loạt tholeitic (TH) gặp ở sống núi đại dương, thường gặp trong ofiolit.

Các đá đặc trưng: Plagiogranit, trondjemit, granophyr giàu Na, nghèo K.

B - Loạt kiềm vôi (CA) thành tạo trong đới hút chìm ven rìa các mảng lục địa, các dải tạo núi. Phân biệt 3 kiểu:

1. Trondjemit: Hàm lượng K thấp ($K_2O < 2\%$), giàu thạch anh + plagiocla, nghèo felspat kali.

- Đá đặc trưng: điorit (hiếm) → trondjemit hoặc tonalit → granođiorit - monzogranit (hiếm).

2. Granođiorit: K_2O trung bình.

- Đá đặc trưng: điorit (hiếm) granođiorit → monzonit → syenogranit (hiếm).

3. Monzonit: Hàm lượng K lớn (potasic)

- Monzođiorit (hiếm) → monzonit (hiếm) → monzonit thạch anh → monzogranit → syenogranit (hiếm).

C - Loạt kiềm (A) được thành tạo trong các mảng đại dương hoặc lục địa không tạo núi, trong rift.

- Các đá đặc trưng:

+ Kiểu bão hoà: monzonit - syenit - syenit felspat kiềm - granit kiềm

+ Kiểu không bão hoà: normakit → palaskit - syenit nefelin.

- *Các khoáng vật quan trọng nhất* trong đá magma được giới thiệu trong bảng 3.3, riêng về nhóm pyroxen được giới thiệu trong bảng 3.4, nhóm amphibol trong bảng 3.5.

Bảng tra các khoáng vật tạo đá được giới thiệu trong các bảng 3.6 phần phụ lục III.

3.2. SỰ LIÊN QUAN GIỮA THÀNH PHẦN ĐÁ MAGMA VÀ MỎ

Các đá magma có thành phần khác nhau thường liên quan với các mỏ khác nhau. (hình 3.3).

Khi nghiên cứu kỹ người ta thấy mối liên quan giữa thành phần vật chất của quặng và đá xâm nhập cụ thể hơn.

X.A. Ivanov và N.V. Lizurov thấy rằng: ở Urale với đunit thường có platin, với periđotit có paladi, với pyroxenit phần lớn có osmi và iriđi.

Bảng 3.3: Những khoáng vật tạo đá magma quan trọng nhất

Khoáng vật chủ yếu			Khoáng vật phụ		
	Olivin	$(Mg,Fe)_2SiO_4$		Ortit	$(Ca,Ce)_2(Al,Fe,Mg)_3(Si_3O_{12})(OH,F)$
Nhóm pyroxen	Enstantit	$MgSiO_3$			
Nhóm pyroxen	Bronzyt	$(Mg,Fe)SiO_3$		Zircon	$(Zr,Th,Hf)SiO_4$
Nhóm pyroxen	Hipersten	$(Fe,Mg)SiO_3$		Titanit	$CaTiSiO_5$
Nhóm pyroxen	Diopsit	$CaMg(Si_2O_6)$		Rutyl	TiO_2
Nhóm pyroxen	Diala	nt ± $Al_2O_3 + Fe_2O_3$		Apatyt	$Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$
Nhóm pyroxen	Augit	$(Ca,Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al,Ti)(Si,Al_2)_2O_6$		Xenotin	YPO_4
Nhóm pyroxen	Egiryn	$NaFeSi_2O_6$		Monazyt	$CePO_4$
				Magnetyt	$Fe.Fe_2O_4$
Nhóm amphibol	Actynolit	$Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2$		Cromit	$(Fe,Mg)(Cr,Fe,Al)_2O_4$
Nhóm amphibol	Horblen	$(CaNa)_{2-3}(Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Mg, Ti)_{4-5}[(Si,Al)_4O_{11}]_2$		Spinel	$(Mg,Fe)Al_2O_4$
				Inmenit	$FeTiO_3$
Nhóm amphibol	Acvecsoit	$Na_3Fe_4(Si_4O_{11})_2(OH)_2$		Pyrotin	$Fe_nS_{n+1}±Ni$
Nhóm amphibol	Rybekit	nt ± Ca, Mg		Pyrit	FeS_2
				Hematit	Fe_2O_3
Mica	Muscovit	$KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2$	Các khoáng vật thêm vào do sự đồng hoá các đá vây quanh		
Mica	Biotit	$K(Mg,Fe^{2+})_3(Si,Al,Fe^{3+})_4O_{10}(OH)_2$			
Nhóm Felspat	Ortocla	$KAlSi_3O_8$		Volastonit	$CaSiO_3$
Nhóm Felspat	Felspat K-Na	$(K,Na)AlSi_3O_8$		Tremolit	$Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2$
Nhóm Felspat	Microclin	$KAlSi_3O_8$	Granat	Melilit	$Ca_2Al_2SiO_7±Ca_2MgSi_2O_7$
Nhóm Felspat	Plagiocla	$xNaAlSi_3O_8:yCaAl_2Si_2O_8$	Granat	Melanit	$Ca_3(Fe,Ti)_2Si_3O_{12}$
Nhóm Felspat	Anbit	100 ÷ 90 0 ÷ 10	Granat	Almandyn	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$
Nhóm Felspat	Oligocla	90 ÷ 70 10 ÷ 30		Pirop	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$
Nhóm Felspat	Andezin	70 ÷ 50 30 ÷ 50		Epidot	$Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3.OH$
Nhóm Felspat	Labrador	50 ÷ 30 50 ÷ 70		Vezuwian	silicat Ca-Mg-Fe-Al
Nhóm Felspat	Bitaonit	30 ÷ 10 70 ÷ 90			
Nhóm Felspat	Anortit	10 ÷ 0 90 ÷ 100		Cordierit	$Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
Nhóm Felspatoit	Leucyt	$KAlSi_2O_6$		Corindon	Al_2O_3
Nhóm Felspatoit	Nefelin	$(Na,K)AlSiO_4$		Spinel	$MgAl_2O_4$
Nhóm Felspatoit	Sodalit	$3NaAlSiO_4 . NaCl$		Montixelit	$CaMgSiO_4$
Nhóm Felspatoit	Nozean	$3NaAlSiO_4 . Na_2SO_4$		Perovskit	$CaTiO_3$
Nhóm Felspatoit	Hauyn	$3NaAlSiO_4 . CaSO_4$		Kim cương	C
Nhóm Felspatoit	Lazurit	$3NaAlSiO_4 . Na_2S$		Grafit	C
	Thạch anh	SiO_2			

Bảng 3.4. Các khoáng vật nhóm pyroxen

Pyroxen thoi	Piroxen xiên đơn				
A	**B**		**C**	**D**	
Enstatit $MgSiO_3$	Clinoenstatit $MgSiO_3$		Điopxit $(Ca,Mg)(SiO_3)_2$	Jadeit $NaAl(SiO_3)_2$	
Hypecten $(Mg,Fe)SiO_3$		Ogit $Ca(Mg,Fe)(SiO_3)_2[(Al,Fe)_2O_3]_x$			Spodumen $LiAl(SiO_3)_2$
Ferohypecten $(Fe,Mg)SiO_3$	Clinohypecten $(Mg,Fe)SiO_3$	Pijonit $m(Ca,Mg)(SiO_3)_2n(Mg,Fe)SiO_3$			
Ferosilit $FeSiO_3$	Clinoerosilit $FeSiO_3$		Hedenbecgit $(Ca,Fe)(SiO_3)_2$	Egirin $NaFe(SiO_3)_2$	

A- dãy enxtatit-ferosilit; B- dãy clinoenxtatit-clinferosilit;
C- dãy điopxit-hedenbecgit; D- dãy adeit-egirin

Bảng 3.5. Các nhóm amphibol chính

<table>
<tr><th>Amphibol trực thoi</th><th colspan="3">Amphibol đơn xiên</th></tr>
<tr>
<td>Antofilit
$(OH)_2(Mg,Fe)_7(Si_4O_{11})_2$</td>
<td>Cupferit
$Mg_7(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
|
Cumingtonit
$(Fe,Mg)_7(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
|
Grunerit
$Fe_7(OH)_2(Si_4O_{11})_2$</td>
<td>Horblen
$Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(OH)_2[(Si,Al)_4O_{11}]_2$
|
Tremolit
$Ca_2(Mg,Fe)_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
|
Actinolit
$Ca_2(Fe,Mg)_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
|
Nefrit
$Ca_2(Mg,Fe)_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$
|
Ferotremolit
$Ca_2Fe_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$

Horblen
|
Horblen bazantic
$Ca_2Fe_3^{++}Fe_2^{+++}(OH)_2(Si_4O_{11})_2$</td>
<td>Glocofan
$Na_2Mg_3Al_2(OH)_2[(Si,Al)_4O_{11}]_2$
|
Ribeckit
$Na_2Fe_3^{++}Fe_2^{+++}(OH)_2(Si_4O_{11})_2$</td>
</tr>
</table>

Bảng 3.6. Tổ hợp các nguyên tố và khoáng sản liên quan với các đá khác nhau

Các phức hệ và nhóm đá đặc trưng	Thành phần đá và các phức hệ của nhóm đá	Tổ hợp các nguyên tố và khoáng sản đặc trưng
Xâm nhập siêu mafic	Đunit, peridotit, pyroxenit, serpentinit, kimberlit	Cr, Pt, Ir, Os; như trên + asbet; kim cương
Siêu mafic - kiềm	Đunit, peridotit, pyroxenit, menteigit, ijolit, syenit, fenit, carbonatit	Nb, Ta, Tr, Fe, apatit, flogopit
Xâm nhập mafic	Gabro, gabronorit, diaba	Ti, Fe, Ni, Cu, Pt, Pd, (Co, Se)
Granitoit (axit vừa)	Điorit, điorit thạch anh, granođiorit, monzonit, monzonit thạch anh, plagiogranit	Fe, (Co, B), Pb, Zn, Cu, Au,Mo, W, As, Sn, Sb
Granit (axit)	Granit biotit, alaskit, granit, granophyr, pegmatit granit	Sn, W, Mo (Bi), Be, Li, Ta, Tr,Nb, Th, Zr, Hf
Xâm nhập phun nghẹn, á phun nghẹn và phun trào	Phun trào và á phun trào, xâm nhập trung tính và axit dãy natri	Cs, Se, (conchedan lưu huỳnh) Cu, FeS_2 (conchedan đồng), Pb, Zn, Ag, Au, Cd (conchedan đa kim) Ba
Xâm nhập kiềm	Syenit nefelin và syenit leuxit	Ti, Nb, Ta, Tr, Th, Zn, Hf

Đối với các đá magma axit và trung tính liên quan với nhiều mỏ pegmatit, skarn, khí thành, nhiệt dịch của kim loại màu, hiếm, quý và phóng xạ.

A. E. Ferxman phân ra các nhóm liên quan với các loại magma (bảng 3.6)

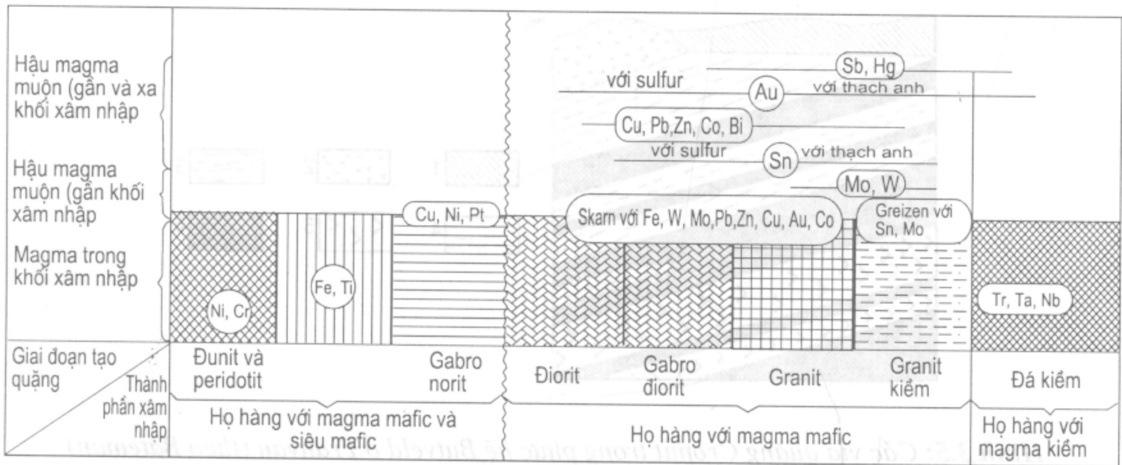
Các mỏ đi với đá axit và trung tính gồm hai nhóm: granit axit và granit trung bình (granođiorit).

- Granođiorit có khả năng đồng hoá các loại đá carbonat, nên trong giai đoạn sớm của hoạt động sau magma hình thành các mỏ skarn Sn (sheelit), Mo, Cu, Pb - Zn, Au và các mỏ nhiệt dịch muộn hơn giàu các hợp chất sunfur, xianur của Cu, Pb, Zn, As, Co, Bi, Sn, Au, U.

- Granit axit liên quan với các mỏ greizen của W, Sn, Be, Mo... và những mỏ nhiệt dịch muộn hơn chứa nhiều thạch anh của W, Sn, Be, Mo, Be, Au, U Một số khoáng sản liên quan với hai nhóm như vàng, urani... có thể liên quan với granođiorit hay đi cùng sunfur, với granit sáng màu đi cùng thạch anh.

3.3. HÌNH DÁNG VÀ KÍCH THƯỚC CỦA KHỐI XÂM NHẬP ĐỐI VỚI TẠO QUẶNG

Hình dáng và kích thước của khối xâm nhập có ảnh hưởng nhất định đến công tác tìm kiếm các mỏ liên quan.

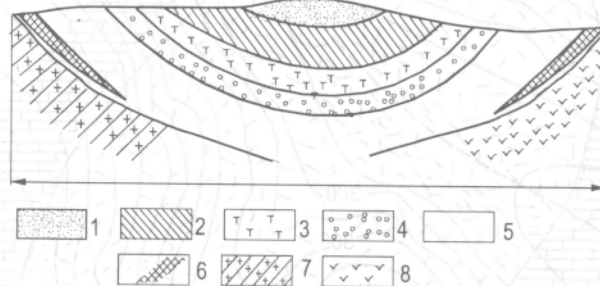


Hình 3.3: Sơ đồ liên hệ giữa mỏ quặng với xâm nhập thành phần khác nhau

3.3.1. Các xâm nhập mafic và siêu mafic

1. Thể cán hay xâm nhập kiểu khe nứt: ít có giá trị.

2. Thể chậu: Mỏ thường thành tạo ở đáy hay ven rìa khối xâm nhập. Ví dụ mỏ đồng - nikel Xatberi ở Canada (hình 3.4), mỏ đồng - nikel Bản Phúc - Sơn La,...



***Hình 3.4:** Lát cắt mỏ sunfur Cu - Ni Xatberi*
1. Cát kết; 2. Đá phiến; 3. Tuf; 4. Cuội kết; 5. Gabro-norit; 6. Thân quặng; 7. Granit; 8. Đá phiến lục

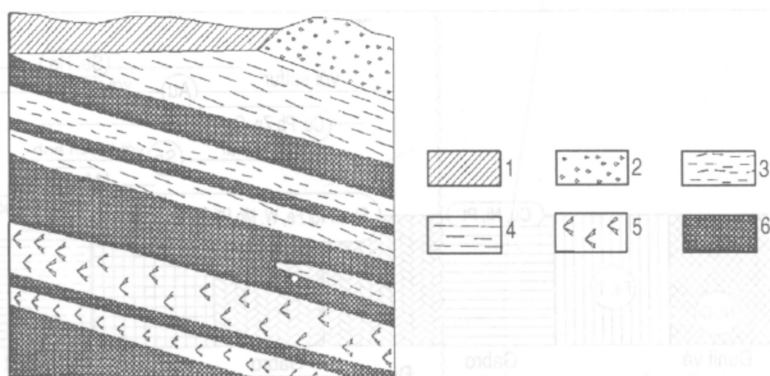
Rất nhiều khối xâm nhập hình dạng như vậy có liên quan với tạo quặng như mỏ đồng - nikel Bản Phúc - Sơn La, mỏ inmenit Cây Châm - Thái Nguyên.

3. Các xâm nhập dạng vỉa của mafic và siêu mafic, nhất là loại nằm thoải, rất có giá trị trong tìm kiếm.

Mỏ cromit Butsveld Nam Phi trong pyroxenit và bronzit (hình 3.5.)

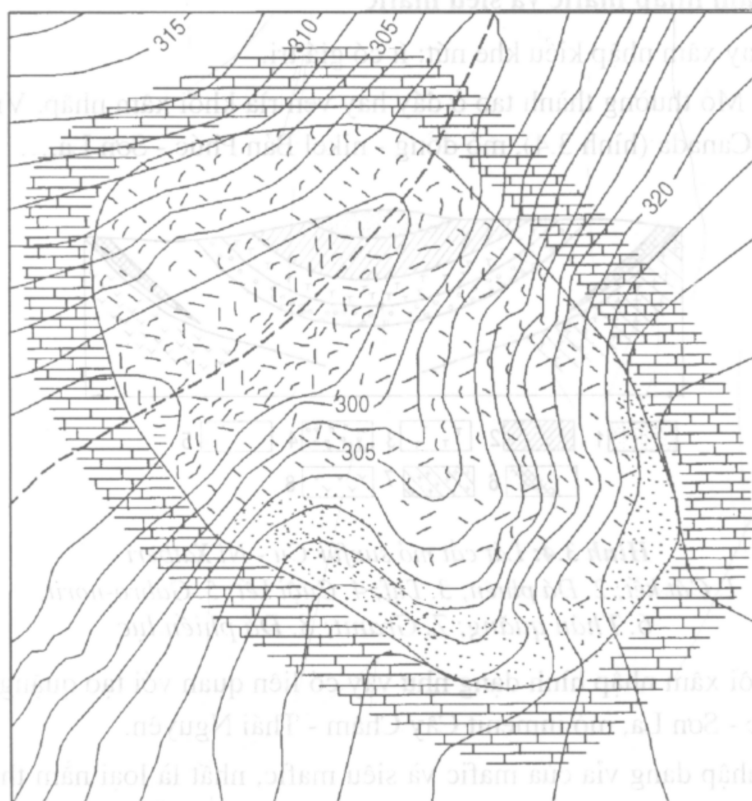
4. Dạng ống cũng có ý nghĩa trong tìm kiếm, nhất là các ống kimbeclit chứa kim cương: Nam Phi, Đông Phi, Katanga, Xiberia, Canada, Mỹ. Ví dụ: ống kimbeclit "Hoà Bình" (hình 3.6).

5. Thể tường không có ý nghĩa trong tìm kiếm.



Hình 3.5: *Các vỉa quặng Cromit trong phức hệ Butveld ở Tranvan (theo Bateman)*

1. Lớp phủ phong hoá; 2. Anoctozit; 3. Gabrodiaba; 4. Diaba-bronzit; 5. Gabrodiaba-hypecten; 6. Cromit





Hình 3.6: *Sơ đồ địa chất ống kimbeclit "Hoà Bình"*

(N.V. Kind, M. P.Metenkimd, Iu. I. Khabadin)

1. Tuf kimbeclit màu xám xanh; 2. Tuf kimbeclit xám vàng; 3. Dăm kết kimbeclit; 4. Dăm kết kimbeclit hạt lớn; 5. Kimbeclit màu da cam; 6. Đá carbonat tuổi Ordovic.

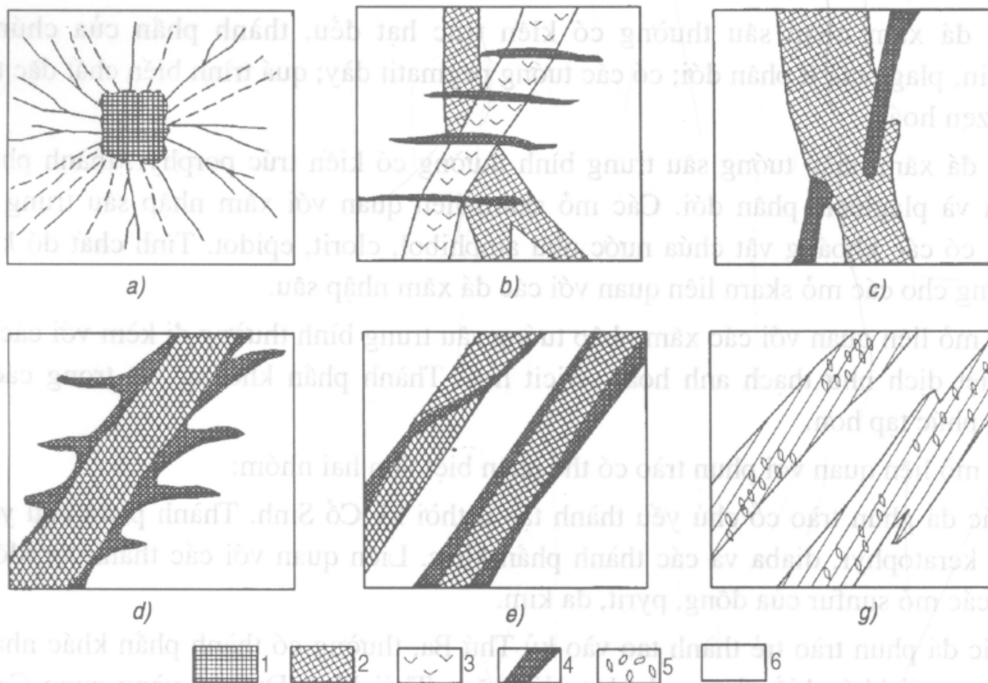
3.3.2. Các xâm nhập axit và trung tính

1. Thể batolit: Các mỏ quặng thường phân bố ở mái hay ở đỉnh của khối xâm nhập.

2. Thể cán: tiết diện đẳng thước, diện tích hàng trăm mét vuông đến và ba kilomet vuông nhưng cắm xuống rất sâu. Trong hay hay ven rìa khối xâm nhập thường phát triển nhiều mỏ nhiệt dịch của các kim loại khac nhau.

3. Thể tường: Tuy kích thước nhỏ nhưng đối với xâm nhập axit và trung tính chúng có nhiều ý nghĩa. Quan hệ giữa thể tường và quặng được giới thiệu trên hình 3.7.

4. Các xâm nhập nhỏ độc lập thường có liên quan đến quặng. Mỏ được thành tạo xung quang hay phần trên của xâm nhập.



***Hình 3.7:** Quan hệ giữa thể tường và quặng nhiệt dịch*

a- Các hệ thống thể tường dạng phóng tia (đường liền) và mạch quặng (đường gạch); b- Các mạch quặng cắt qua hai hệ thống thể tường; c- Thể tường cắt mạch quặng; d- Mạch quặng lấp đầy các khe nứt mở theo tiếp xúc của thể tường; e- Sự phát triển quặng dọc theo tiếp xúc của thể tường; g- Sự phát triển quặng trong các thân của thể tường.

3.3.3. Kích thước của khối xâm nhập

Đối với các xâm nhập mafic và siêu mafic, kích thước càng lớn càng có ý nghĩa. Đối với các xâm nhập axit và trung tính các khối càng nhỏ càng có ý nghĩa như dạng cán, thể tường, các khối xâm nhập nhỏ vệ tinh. Batolit cũng có thể liên quan đến tạo quặng nhưng quan trọng nhất là ở đỉnh và mái của khối xâm nhập.

3.4. ĐỘ SÂU THÀNH TẠO CỦA MAGMA

Phân tích độ sâu thành tạo của magma có thể phát hiện được một số quy luật về cấu trúc địa chất và sự phân bố của các mỏ liên quan với chúng.

P. Nigli và M.A. Uxov đề nghị phân chia ba loại tướng đối với magma axit:

- Tướng sâu hay abixan.
- Tướng trung bình hay hipabixan.
- Tướng nông hay phun trào.

Việc dự đoán độ sâu của các đá xâm nhập có khi không chính xác vì còn phụ thuộc vào mức độ bào mòn của xâm nhập. Vì thế khi xét tướng độ sâu người ta còn phải dùng nhiều dấu hiệu.

Các đá xâm nhập sâu thường có kiến trúc hạt đều, thành phần của chúng là microlin, plagiocla ít phân đới; có các tướng pegmatit dày; quá trình biến chất đặc trưng là greizen hoá.

Các đá xâm nhập tướng sâu trung bình thường có kiến trúc porphyr, thành phần là octocla và plagiocla phân đới. Các mỏ skarn liên quan với xâm nhập sâu trung bình thường có các khoáng vật chứa nước như amphibol, clorit, epidot. Tính chất đó không đặc trưng cho các mỏ skarn liên quan với các đá xâm nhập sâu.

Các mỏ liên quan với các xâm nhập tướng sâu trung bình thường đi kèm với các biến đổi nhiệt dịch như thạch anh hoá, sericit hoá. Thành phần khoáng vật trong các mỏ thường phức tạp hơn.

Các mỏ liên quan với phun trào có thể phân biệt làm hai nhóm:

- Các đá phun trào cổ chủ yếu thành tạo ở thời kỳ Cổ Sinh. Thành phần chủ yếu là spilit - keratophyr, diaba và các thành phần khác. Liên quan với các thành tạo đó chủ yếu là các mỏ sunfur của đồng, pyrit, đa kim.

- Các đá phun trào trẻ thành tạo vào kỷ Thứ Ba, thường có thành phần khác nhau và liên quan với khá nhiều loại mỏ như dải quặng Thái Bình Dương, vòng cung Cacpat. Trong các đá có các mạch thạch anh - canxedon, thạch anh adula có sunfur, sunfur antimon, sunfur và arsenur phức tạp của vàng, đôi khi có bạc.

Biến đổi quanh mạch trong đá phun trào là propylit hoá, alunit hoá, kaolinit hoá.

3.5. TUỔI CỦA MAGMA

Tuổi địa chất có ý nghĩa rất lớn để định hướng cho công tác tìm kiếm. Nó đặc biệt quan trọng đối với mỏ trầm tích, nhưng cũng đóng vai trò đáng kể trong việc tìm kiếm các mỏ nguồn gốc magma.

Quặng vàng trong các thành hệ cổ đóng vai trò chính ở tuổi Ackeozoi muộn, Proterozoi và đôi khi Paleozoi sớm. Các thành hệ quặng vàng tuổi Paleozoi và Mezozoi phổ biến rộng rãi hơn, nhưng ít có ý nghĩa hơn.

Theo I. I. Malusev, các mỏ titan giàu liên quan với các xâm nhập gabroit thường có tuổi Paleozoi sớm. Các mỏ quặng titan - đất hiếm liên quan với xâm nhập siêu mafic kiềm và kiềm tuổi trẻ hơn.

Các tập trung quặng có giá trị trong các phức hệ magma thường thành tạo ở những tuổi địa chất và trong phạm vi những miền nhất định phụ thuộc vào các chu kỳ hoạt động kiến tạo và magma.

Mối quan hệ nguồn gốc giữa tạo quặng nội sinh với các phức hệ magma ở Việt Nam chưa được nghiên cứu đầy đủ nhưng có thể đưa ra một số nhận xét chung:

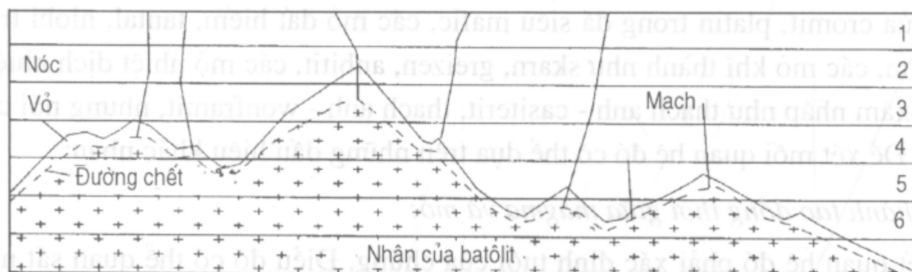
- Các đá magma ở nước ta có thành phần và tuổi rất khác nhau từ siêu mafic đến axit, trung tính và kiềm, có tuổi từ trước Cambri cho đến Đệ Tứ.

- Quặng hoá nội sinh liên quan đến nhiều loại magma nhưng các magma càng trẻ càng có ý nghĩa trong tìm kiếm.

3.6. ĐỘ SÂU MẶT CẮT ĂN MÒN CỦA KHỐI XÂM NHẬP

Độ sâu mặt cắt ăn mòn của khối xâm nhập có ý nghĩa lớn trong việc tìm kiếm các mỏ có liên quan với magma, nhất là đối với các đá magma axit và trung tính.

V. Emmons (1924), phân biệt sáu mức độ ăn mòn đối với khối xâm nhập batolit chứa quặng và mức độ biểu hiện quặng khác nhau trong các đới đó (hình 3.8).



Hình 3.8: Sáu giai đoạn ăn mòn batolit (theo V. Emmonc)

Các mức mặt cắt ăn mòn đó là:

* Kriptobatolit (Ẩn batolit): Trên mặt chỉ xuất hiện các xâm nhập dạng tường và các biến đổi nhiệt dịch trong đá vây quanh.

Các mỏ trong đới này chủ yếu thuộc nhóm xa nhiệt, nhiệt dịch nhiệt độ thấp.

* Acrobatolit (Đỉnh batolit): Quan sát được vòm của xâm nhập nhưng với một diện tích nhỏ. Mỏ nhiệt dịch nhiệt độ trung bình, một số mỏ greizen, nhiệt độ cao.

* Epibatolit (Mái batolit): Mực bào mòn đạt đến chiều sâu đáng kể nhưng diện lộ của batolit chưa lớn. Biến đổi đá vây quanh như greizen hoá, pegmatit hoá, bao quanh các mạch nhiệt dịch chứa quặng nhiệt độ cao, khí thành.

* Emdobatolit (Thân batolit): Mực bào mòn khá mạnh. Trong phạm vi trường quặng diện lộ đá xâm nhập khá lớn. Mỏ chủ yếu là khí thành và pegmatit.

* Endobatolit (Đáy batolit): Đá xâm nhập chiếm chủ yếu trong trường quặng. Chỉ có một số biểu hiện quặng khí thành và pegmatit bên rìa khối xâm nhập.

* Hypobatolit (Chân batolit): Đá xâm nhập chiếm diện tích rất lớn. Đới này không có mỏ.

V. I. Smirnov (1952 - 1957) đề nghị phân chia ba mức ăn mòn:

1. Mặt cắt ăn mòn chưa cắt đỉnh xâm nhập. Khối xâm nhập dưới sâu chỉ dự đoán trên cơ sở phát hiện được các mỏ nhiệt dịch, các đới biến đổi, các thể tường.

Mỏ đặc trưng là mỏ xa nhiệt và nhiệt dịch nhiệt độ thấp.

2. Mặt cắt ăn mòn cắt qua xâm nhập ở vị trí nông, quan sát được từng diên tích đá xâm nhập riêng rẽ, bị các đá vây quanh ưu thế hơn phân chia. Trong mặt cắt đó các mỏ sẽ phát triển mạnh mẽ trong các đá xâm nhập và đá vây quanh.

3. Mặt cắt ăn mòn ở sâu, các khối xâm nhập chiếm diện tích lớn trong vùng. Hoàn cảnh này ít thuận lợi cho việc tìm kiếm các mỏ nguồn gốc magma.

3.7. QUAN HỆ KHÔNG GIAN VÀ NGUỒN GỐC CỦA ĐÁ MAGMA VÀ MỎ

Mối quan hệ nguồn gốc giữa magma và mỏ có khi khá rõ ràng như các mỏ magma thực sự của cromit, platin trong đá siêu mafic, các mỏ đất hiếm, tantal, niobi trong siêu mafic kiềm, các mỏ khí thành như skarn, greizen, anbitit, các mỏ nhiệt dịch nhiệt độ cao gần khối xâm nhập như thạch anh - casiterit, thạch anh - wonframit, nhưng nói chung rất phức tạp. Để xét mối quan hệ đó có thể dựa trên những dấu hiệu khác nhau:

1. Sự thành tạo đồng thời giữa magma và mỏ:

Để biết quan hệ đó phải xác định tuổi của chúng. Điều đó có thể quan sát ngoài trời hay qua phân tích, nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, phân tích sự liên quan của chúng với chế độ địa kiến tạo.

2. Đá magma và mỏ liên quan có cùng một cấu trúc địa chất:

Quan hệ có thể xác định trong một phạm vi rộng lớn hay dựa vào cấu trúc địa phương.

3. Tướng độ sâu của đá và quặng:

Đôi khi xác định được rõ ràng nhờ kiến trúc và các tính chất khác.

4. Dấu hiệu địa hoá giữa đá magma và mỏ

Muốn xác định được mối liên quan đó phải dựa vào nhiều dấu hiệu địa hoá.

- Khoáng vật phụ trong quặng và trong đá.

- Các nguyên tố hoá học trong quặng và trong đá.

- Mức độ chứa kim loại trong mỏ và trong đá so với Clark.

- Quan hệ thành phần nguyên tố đồng vị trong quặng và trong đá.

5. Sự phân đới của các mỏ xung quanh khối magma

Nếu đá xâm nhập liên quan với nhiều loại quặng thì xung quanh nó có sự phân bố đới.

V. Emmons (1937) cho rằng: các dung dịch nhiệt dịch di chuyển càng xa khối xâm nhập thì nhiệt độ càng thấp xuống và tuỳ theo sự giảm nhiệt độ mà có các tổ hợp khoáng vật khác nhau được kết tinh.

S. S. Smirnov giải thích sự phân bố đới theo thuyết "mạch động".

Dung dịch tạo quặng sẽ tách khỏi khối magma từng đợt, một cách định kỳ theo sự nguội dần của khối nóng chảy ấy. Trong quá trình đó sẽ thành tạo các mỏ có liên quan một cách tuần tự có thành phần khác nhau.

V. N. Coderenco đã phân biệt ba nhóm quan hệ giữa đá magma và mỏ đi cùng:

Quan hệ nguồn gốc có thể xác định một cách rõ ràng, trong các phức hệ magma và cả trong từng khối của chúng.

Quan hệ xa nguồn gốc chỉ được biểu hiện mối liên quan không gian và tuổi với các khối cụ thể hay các phức hệ thành phần phức tạp. Trong trường hợp này mỏ có thể liên quan nguồn gốc với lò magma ở sâu hơn.

Quan hệ cộng sinh được biểu hiện khi có các dấu hiệu hoạt động thống nhất giữa đá và quặng với một lò magma ở dưới sâu.

Quan hệ nguồn gốc xa xôi chỉ ra sự liên hệ xa giữa các phức hệ magma nào đó với mỏ. Nguồn gốc của mỏ không chỉ liên quan với các lò magma ở dưới sâu mà còn có thể liên quan đến những yếu tố hoạt động ngoại sinh nữa. Ví dụ các mỏ có nguồn gốc trầm tích - phun trào.

Chương IV
ĐÁ BIẾN CHẤT VÀ KHOÁNG SẢN LIÊN QUAN

Biến chất là sự thay đổi về thành phần khoáng vật, cấu tạo và kiến trúc của các đá trầm tích, magma và quặng dưới tác dụng của nhiệt độ và áp suất cũng như các dung dịch nhiệt dịch trong lòng đất.

4.1. CÁC DẠNG BIẾN CHẤT

1. Biến chất cà nát (biến chất động lực)

Chủ yếu do hoạt động kiến tạo làm thay đổi kiến trúc, cấu tạo, nhưng không biến đổi đáng kể về thành phần của đá. Ví dụ: dăm kết kiến tạo.

2. Biến chất nhiệt

Các đá bị biến đổi về cấu tạo, kiến trúc và thành phần do tác dụng của nhiệt lượng từ khối magma nóng chảy. Ví dụ đá sừng, đá hoa.

*3. **Biến chất chất tiếp xúc trao đổi***: Do tác dụng nhiệt của khối magma đang nóng chảy với đá vây quanh và có sự trao đổi thành phần cho nhau.

Ví dụ: đá skarn hoá, greizen hoá.

*4. **Biến chất khu vực***: là dạng biến chất phát triển trong một diện rộng, quy mô lớn, liên quan đến những cấu trúc uốn nếp trong vỏ quả đất do tác động cả áp suất và nhiệt độ. Đá nguyên thuỷ bị biến đổi cả về thành phần và cấu tạo kiến trúc.

*5. **Siêu biến chất***: là một dạng của biến chất khu vực, có kèm theo sự tái nóng chảy từng phần tạo ra magma granit, dưới tác dụng của nhiệt độ, áp suất và dung dịch biến chất.

*6. **Biến chất phức:*** là biến chất xảy ra nhiều lần.

*7. **Biến chất giật lùi***: là biến chất tiếp sau một dạng biến chất cao, xẩy ra trong điều kiện hạ thấp nhiệt độ và áp suất.

*8. **Biến chất trao đổi***: làm thay đổi thành phần hoá học của đá dưới tác dụng của dung dịch biến chất.

*9. **Tự biến chất***: là hoạt động biến chất xảy ra ngay bên trong khối magma kết tinh dưới tác động của các dung dịch sau magma cùng nguồn.

4.2. TƯỚNG BIẾN CHẤT

Tướng biến chất là những loại đá biến chất được thành tạo trong cùng một điều kiện của áp suất và nhiệt độ.

Khái niệm tướng đầu tiên được P. Escola đề ra năm 1915 và sau đó được nhiều người nghiên cứu và bổ sung.

4.2.1. Phân loại tướng biến chất

Turner và Verhaogen nêu ra như sau:

A. Biến chất tiếp xúc

1- Tướng sừng êpidot-anbit.

2- Tướng sừng hocblen.

3- Tướng sừng pyroxen.

4- Tướng sanidin.

B. Biến chất khu vực

1- Tướng zêolit.

2- Tướng đá phiến lục.

3- Tướng đá phiến glocophan.

4- Tướng epidot - amphibolit.

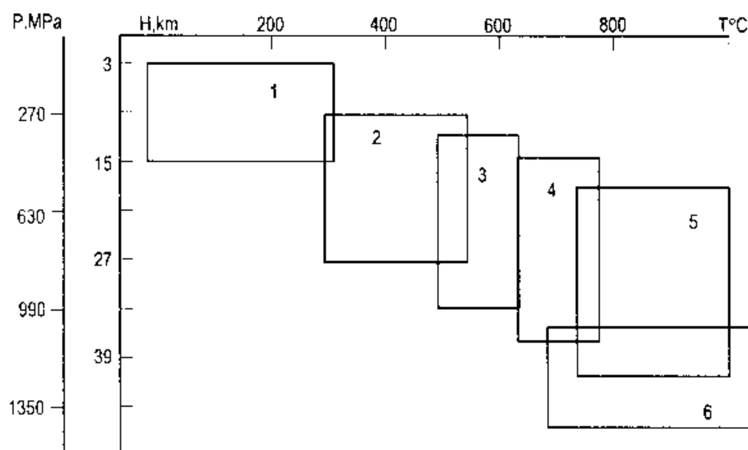
5- Tướng ammandin-amphibolit.

6- Tướng grannulit.

7- Tướng eclôgit.

4.2.2. Biến chất khu vực

Theo nhiệt độ và áp suất thành tạo đá biến chất khu vực được P. Escola, N. Elisser, F. Terner... phân ra 6 tướng và được biểu thị trên sơ đồ hình 4.1.



Hình 4.1: *Điều kiện hoá lý phát sinh các tướng biến chất Theo P. Escola, N. Elissev, V. Xobolev, F. Terner...*
1. Tướng zeolit;
2. Tướng phiến lục;
3. Tướng amphibolit;
4. Tướng glocophan;
5. Tướng granulit;
6. Tướng eclogit.

1- Tướng zêolit được thành tạo ở nhiệt độ (T) T = 100 - 350°C, áp suất (P) nhỏ hơn 300 MPa.

2- Tướng đá phiến lục: T = 300 - 550°C; P = 200 - 500MPa

3- Tướng glocophan: T = 350 - 600°; P = 400 - 600MPa.

4- Tướng amphibolit: T = 600 - 800°C, P = 400 - 600MPa.

5- Tướng granulit: T = 700 - 1000°C, P = 600 - 900 MPa

6- Tướng eclogit: T = 600 - 800°C, P = 800 - 1200MPa

4.2.3. Điều kiện thành tạo và thành phần đặc trưng của các tướng

Được Đôbretxov nêu ra trên bảng 4.1.

Bảng 4.1. Các tướng biến chất theo Đôbretxôv (1970)

Nhóm	Tướng	Điều kiện		Khoáng vật tiêu biểu
		P	T°C	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
A- Biến chất tiếp xúc	Mecvinitspirit	1 - 300at	700 - 1200	Laenit, meevinit, tiliit, rankinit, mulit, tridimit
	Sừng pyroxen	< 4000at	700 - 900	Montiselit + melilit + volatonit + canxit, grosule, focterit + cocđierit + flogopit
	Sừng amphibol	< 4000at	550 - 800	Anmanđin, tremolit + đolomit + điopxit, canxit, plagiocla + hocblen + thạch anh, focterit + thạch anh
	Sừng muscovit		550 - 600	Biotit + cocđierit + muscovit + andaluzit + thạch anh, clorit
B- Biến chất khu vực, áp suất trung bình	Granulit	4 - 13 kbar	750 - 1000	Hipecten + điopxit + thạch anh, grosule + felpat kali, cocdierit, plagiocla
	Amphibolit	~ 10kbar	650 - 800	Biotit + silimanit + felpat kali + TA, groxule + spinen + storolit
	Epidot - amfibolit	7,5 - 10kbar	600 - 650	Storolit + TA + silimanit, muscovit, anmanđin + biotit, hocblen + epiđot + plagiocla (30-10)
	Đá phiến lục	7 - 10	350 - 550	Clorit + canxit, anbit + TA + muscovit + epiđot, actinolit + anbit

1	2	3	4	5
C- Tướng áp suất cao trong các đới kiến tạo hẹp	Đá phiến glocoban	> 8 - 10kbar	300 - 550	Loxonit, aragonit, jadeit, thạch anh + glocofan + epiđot
	Đá phiến đisten - muscovit	> 15kbar	500 - 600	Glocofan + grosule, đìten + storolit + thạch anh, muscovit
	Gneis đisten	15 - 17kbar	650 - 850	Điten + felpat kali, plagiocla bazơ, geđrit + grosule
	Eclogit			Grosule + omfaxit + rutin

Chú thích: *1at = 1,01325 bar; 1kbar = 100bar*

4.2.4. Tên gọi của đá biến chất

Tên các đá biến chất được gọi theo những quy tắc nhất định, phổ biến nhất là cách gọi dưới đây:

Trong biến chất động lực tuỳ kích thước mảnh vỡ:

- Dăm kết: hạt thô, sắc cạnh.
- Kataclazit: dạng dăm hạt nhỏ, hạt mịn.
- Milonit: dạng dăm, hạt mịn, có cấu tạo phân phiến.

Trong biến chất nhiệt:

- Đá sừng là đá bị thạch anh hoá do tiếp xúc với khối magma.
- Đá hoa: đá cacbornat bị tái kết tinh.

Trong biến chất khu vực:

- Đá phiến: tên gọi chung cho các đá có cấu tạo phân phiến. Tuỳ thành phần có các loại khác nhau. Ví dụ: đá phiến-thạch anh-mica, đá phiến sericit...
- Gneis: Những đá biến chất có cấu tạo gneis; amphibolit có thành phần chủ yếu là amphibol.

Trong siêu biến chất:

- Micmatit: Tên gọi chung cho các đá siêu biến chất.

Trong biến chất trao đổi: có nhiều loại đá khác nhau như đá skarn, đá greizen, quarzit thứ sinh...

Để chỉ nguồn gốc hay mức độ biến chất đôi khi người ta thêm các chữ phụ:

- Đá nguyên thuỷ là trầm tích thêm chữ para. Ví dụ paragneis, paraamphibolit.
- Đá nguyên thuỷ là magma thêm chữ octo. Ví dụ octogneis. Có khi gọi cụ thể hơn granitogneis.
- Nếu quá trình biến chất chưa hoàn toàn thêm chữ meta hay apo. Ví dụ: metagabro, apođunit...

4.3. PHÂN LOẠI CÁC ĐÁ BIẾN CHẤT

Được giới thiệu trên bảng 4.2.

Bảng 4.2. Phân loại đá biến chất

Lớp / Tường / Đá nguyên thuỷ	Biến chất nhiệt			Biến chất khu vực			Biến chất trao đổi		
	Sừng anbit êpidot	Sừng hocblen	Sừng Pyroxen	Đá phiến lục	Amphibolit	Granulit Eclogit	Trao đổi Fe, Mg, Ca, Si	Trao đổi kiềm	Trao đổi chất bốc
Mafic Đá marn	Sừng anbit êpidot	Sừng hocblen	Sừng pyroxen	Đá phiến lục	Amphibolit	Granulit pyroxen			Propylit
Sét và đá thạch anh - felspat(ryolit, granit, acko)	Đá phiến có vết đốm	Đá sừng, đá phiến có đốm	Sừng	Đá phiến serixit, filit	Đá phiến kết tinh, gneis	Granulit		Adinon Penit	Greizen quarzit thứ sinh
Carbonat	Đá hoa	Đá hoa, đá sừng silicat-canxi	Đá hoa, đá sừng silicat-canxi	Đá hoa, đá phiến kết tinh	Đá hoa, đá phiến kết tinh	Đá hoa, đá phiến kết tinh	Skarn canxi		
Magma siêu mafic và đá trầm tích Mg	Đá phiến talc	Đá sừng	Đá sừng	Đá phiến talc	Đá phiến kết tinh	Đá phiến kết tinh	Skarn magne		

4.4. CÁC MỎ NGUỒN BIẾN CHẤT

Theo nguồn gốc có thể phân ra 2 loại:

4.4.1. Mỏ biến chất

Mỏ biến chất là các mỏ được hình thành từ các đá ban đầu không chứa quặng hay các khoáng sản có ích, do sự tái kết tinh, lựa chọn, tập trung những vật chất có ích trong đá đó. Ví dụ:

- Mỏ atbet hình thành trong các tầng đá dolomit, sét.
- Mỏ ngọc bích trong đá trầm tích silic.
- Mỏ phlogophit trong các tầng carbonat và allumosilicat.
- Mỏ najdăc từ đá alit và sét trong biến chất khu vực ở tướng amphibolit.
- Mỏ grafit trong đá phiến, gneis chứa vật chất hữu cơ.
- Mỏ granat trong tướng granulit. Ví dụ: phlogophit ở nhiệt độ cao pyrốp, granat hình thành từ đá phiến kết tinh.
- Mỏ titan từ đá gabroit ở tướng eclogit tạo ra rutil hay inmenit.

4.4.2. Mỏ bị biến chất

Mỏ bị biến chất là những mỏ được sinh thành do sự tập trung và chọn lọc các tập hợp khoáng vật có ích phân tán lẻ tẻ trong đá hoặc những biểu hiện khoáng sản chưa có giá trị công nghiệp, có thể phân làm hai nhóm:

1. Các mỏ trong biến chất khu vực

Điển hình nhất là các mỏ sắt dưới dạng quarzit sắt, có trữ lượng rất lớn như mỏ Crivôi-Roc(Nga), KMA(Ucrena), Hồ Thượng (Mỹ), Labradon (Canada)...

2. Mỏ mangan

Quặng mangan dạng oxyt trong đá trầm tích bị biến chất thành silicat mangan như specxactin $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$, rodonit $MnSiO_3$...

Ví dụ: Mỏ Naapna (Ấn Độ).

- Mỏ carbonat mangan bị tái kết tinh (Xiberi).
- Mỏ chì kẽm bị biến chất như Brokel - Hil (Australia).
- Mỏ apatit: Zabaical (Nga), Lao Cai (Việt Nam).

Các mỏ nguồn biến chất trong biến chất khu vực được giới thiệu trên bảng 4.3.

Bảng 4.3. Các mỏ nguồn gốc biến chất trong các tướng biến chất khu vực

Tướng biến chất	Những khoáng vật quan trọng nhất	Khoáng sản
1	*2*	*3*
Zeolit	Thạch anh, anbit, clorit, pumpeleit	Cu tự sinh (kiểu Hồ Thượng)

1	2	3
Đá phiến lục	Thạch anh, anbit, biotit, muscovit, trêmolit, clorit, epidot.	Quarzit, magnetit, hematit, vàng và urani, conchedan, najdac, graphit.
Glaucofan	Thạch anh, spesartin, rodonit. bastanmit, glaucofan egirin. jadeit, lavsonit, muscovit, epidot, clorit, canxit	Asbet, nefrit, thạch anh tinh thể, silicat mangan và quặng kẽm, quặng magnetit, amphibol.
Amphibolit	Thạch anh, kianit, staurolit, plagiocla, granat, hornblen, diopxit, mica.	Quặng sắt, faconit và itabirit, quặng sunfur, kianit, điaspo, andaluzit, corindon, flogopit, grafit tinh thể, inmenit, apatit, lazurit.
Granulit	Thạch anh, felspat, điopxit hyperten, granat, silimanit, biotit, rutil.	Quarzit magnetit, amphibol - pyroxen, granat, rutil
Eclogit	Omfasit, granat, kianit, enstalit, rutil.	Rutil (titan)

4.4.3. Các mỏ biến chất tiếp xúc

Trong biến chất tiếp xúc chủ yếu được thành tạo trong biến chất tiếp xúc trao đổi giữa magma với các đá vây quanh hay đôi khi chỉ do biến chất nhiệt như mỏ đá hoa do biến đổi từ đá vôi, grafit từ các vỉa than...

Các mỏ này rất nhiều loại, liên quan với nhiều quá trình như:

- Skarn: sắt, sắt - coban, đồng, chì - kẽm...
- Greizen: thiếc, wonfram, molibđen...
- Xerixit hoá: Cu, Pb, Zn, Au, Ag.
- Thạch anh hoá (quarzit thứ sinh): Cu, Mo, Pb-Zn, Au, Ag, Hg...
- Clorit hoá: Sn, Cu, Au, Pb-Zn, Mo, As, Sb, Hg

Các mỏ đó sẽ kỹ hơn ở phần dấu hiệu tìm kiếm.

Chương V

TIỀN ĐỀ ĐỊA HOÁ

5.1. SỰ PHÂN BỐ CỦA CÁC NGUYÊN TỐ TRONG VỎ QUẢ ĐẤT

5.1.1. Thành phần hoá học vỏ Quả đất

Vỏ Quả đất có độ dày trung bình 33km, ở đại dương 10 - 15km, ở lục địa 40 - 50km, có khi 80km. Lớp vỏ là đối tượng chủ yếu của công tác tìm kiếm.

Lớp cùi (manti) nằm dưới lớp vỏ và ngăn cách bởi mặt Moho (Mohomovixic) và xuống sâu đến 2900km. Phía trong là nhân Quả đất với thành phần chủ yếu là sắt, nikel.

Thành phần vỏ quả đất đầu tiên được E. W. Clark nghiên cứu (1889). Sau đó được A. E. Fersman, V. I. Vernatski, A. P.Vimgradov và nnk nghiên cứu.

Hàm lượng các nguyên tố chính của vỏ quả đất được giới thiệu trên bảng 5.1.

Bảng 5.1. Thành phần hoá học cơ bản của vỏ Quả đất (theo A. P. Vinogradov 1949,1962)

TT	Nguyên tố	Ký hiệu	Hàm lượng (%)	TT	Nguyên tố	Ký hiệu	Hàm lượng (%)
1	Oxy	O_2	47,00	6	Natri	Na	2,5
2	Silic	Si	29,50	7	Kali	K	2.5
3	Allumi	Al	8,05	8	Magnesi	Mg	1,87
4	Sắt	Fe	4,65	9	Titan	Ti	0,45
5	Canxi	Ca	2,96				

Chín nguyên tố O_2, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti chiếm 99,48% trọng lượng. Các nguyên tố còn lại chiếm một khối lượng rất bé, với hàm lượng không đều.

0,1 - 1,15%: H, P, Mn

0,05 - 0,1%: F, S.

0,05 - 0,01%: C, Cl, Pb, Sn, Ba, Zr, Cr, V, Rb, Sr.

0,01 - 0,005%: Cu, Ni, Li, Zn.

0,005 - 0,001%: N, Ce, Sn, Ir, Nb, Nd, Co, La, Ga, Th.

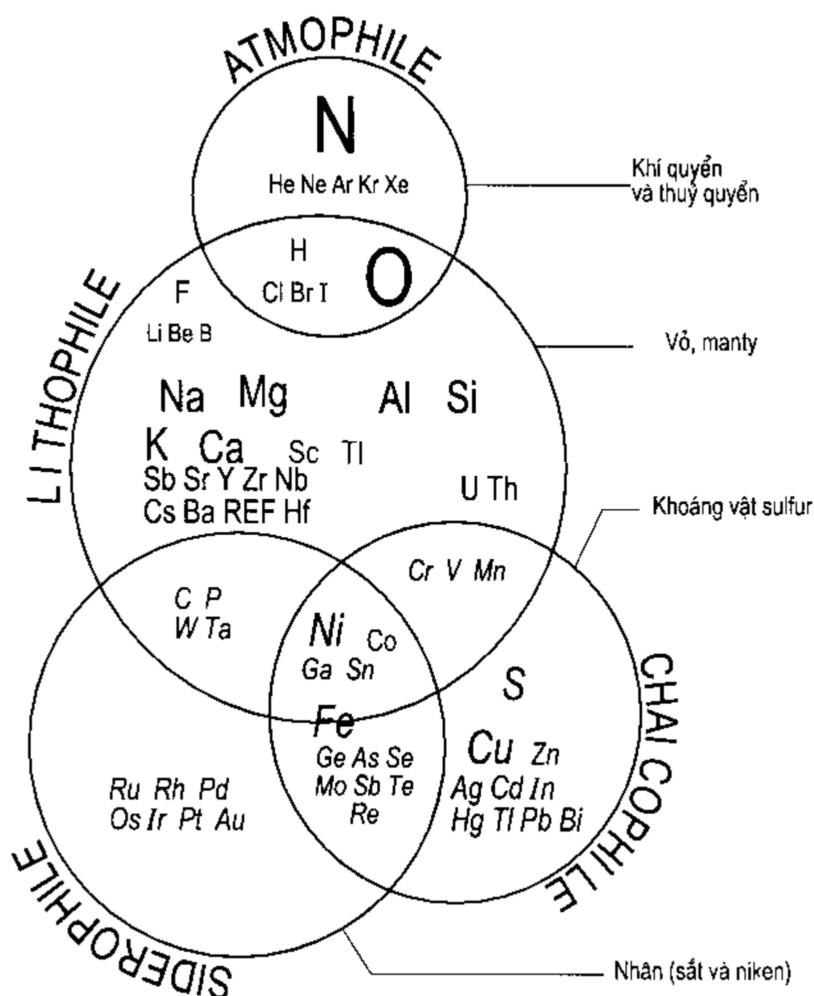
0,001 - 0,0005%: Ge, Cs, Be, As, Sc, Gd.

0,0005 - 0,00001%:	Hf, U, B, Mo, Ta, Br, W, Sb.
0,00005 - 0,00001%:	Hg, I, Bi, Cd, Ag, In.
0,00001 - 0,000005%:	Sc.
0,000005 - 0,000001%:	Ar, Pd.
0,000001 - 0,0000001%:	Pt, Au, He, Te, Rd, Ir.
< 0,0000001%:	Rt, Os, Ne, ... Thậm chí Ra có hàm lượng 7.10^{-16}%

5.1.2. Phân nhóm các nguyên tố

Người ta chia các nguyên tố ra các nhóm atmophil, litophil, cancophil, siderophil (bảng 5.2) và hình 5.1.

Sự phân bố các nguyên tố trong đá và mỏ khác nhóm trong các nhóm của bảng hệ thống tuần hoàn cũng khác nhau (bảng 5.3).



Hình 5.1: Phân loại địa hoá các nguyên tố theo Robin Ghil

Bảng 5.2: Sự phân bố các nguyên tố trong vỏ Quả đất theo các nhóm của bảng hệ thống tuần hoàn

H																		
He	Li	Be	B	C												N	O	F
Ne	Na	Mg	Al	Si												P	S	Cl
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
Xe	Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Ra	U												
O	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	← VIII →			Ib	IIb	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	

Nhóm các nguyên tố

- *Siderophil*
- *Cancophil*
- *Litophil*
- *Atmophil*

Bảng 5.3. Sự phân bố các nguyên tố trong các nguồn gốc khác nhau

Nhóm trong hệ thống tuần hoàn	Dung ly	Magma	Pegmatit	Khí thành	Nhiệt dịch
I a		H. Na. K. Rb	H. Na. K. Cs. Li	H. Li	H
II a		Mg. Ca. Sr. Ba	Be	Be	Mg. Ca. Sr. Ba
III a		Al	B. Al. Sc. Y. La	B. Sc	
IV a	C. Ti	Si. Ti. Zr	Si. Ti. Zr	C. Si	C. Si
V a	V		Nb. Ta	Nb. Ta	
VI a	Cr		Mo. W. U	Mo. W	W. U
VII a		Mn	Mn		Mn
VIII a	Fe. Co. Ni. Ru. Rh. Pd. Os. Ir. Pt	Fe		Fe. Co. Ni	Fe. Co. Ni. Pd
I b	Cu			Cu. Au	Cu. Ag. Au
II b				Zn	Zn. Cd. Hg
III b					Ga. Zn. Tl
IV b			Sn	Sn	Ge. Sn. Pb
V b		P	P	P. As. Bi	As. Sb. Bi
VI b	O. S	O	O	O. S	O. S. Se. Te
VII b			F. Cl	F. Cl	F. Cl

5.2. SỰ PHÂN BỐ KHÔNG ĐỀU CỦA CÁC NGUYÊN TỐ VÀ SỰ THÀNH TẠO MỎ

Hàm lượng hóa học của các nguyên tố trong vỏ Trái đất rất khác nhau. Sự thành tạo các mỏ không phụ thuộc vào hàm lượng của nguyên tố mà phụ thuộc vào độ tập trung và phân tán của chúng.

Một số nguyên tố có hàm lượng không cao như Cu, Pb, Zn hay tạo thành những mỏ khá lớn, nhưng một vài nguyên tố hàm lượng cao hơn như Ti, V thường tạo thành những mỏ nhỏ, trung bình. Nhiều nguyên tố không tạo thành mỏ độc lập mà chỉ tồn tại dưới dạng các hỗn hợp đồng hình như cadimi, renium, hafni... Một số nguyên tố có hàm lượng trung bình rất thấp như vàng có Clark 5.10^{-7}%, nhưng có độ tập trung rất cao (2000) nên dễ tạo thành mỏ, có khi rất lớn.

Để định hướng cho sự tập trung và phân tán của các nguyên tố, A.E. Fersman đã đưa vào khái niệm "Clark tập trung"

Đó là hệ số K nêu lên mối quan hệ giữa hàm lượng của một nguyên tố trong một đối tượng cụ thể (C_x) so với số Clark (C_c):

$$K = \frac{C_x}{C_c}$$

- Nếu K > 1 biểu thị sự tập trung của nguyên tố.
- Nếu K < 1 biểu thị sự phân tán.

Hệ số K của các nguyên tố được giới thiệu trên bảng 5.4.

Bảng 5.4. Clack tập trung của các nguyên tố trong mỏ

Hệ số K	Nguyên tố hoá học	Số lượng nguyên tố
n.1	Si, Al, Sc, K, Ti, Fc, Ca	7
n.10	Zn, Mg, Na, Hf, Tl, P, Y, Rb, Li, Br	10
$n.10^2$	C, Co, Ba, V, La, Ta, Nb, Tr, Se, Th, Sr, Mn, Ni, U, Cu, F, S, Zr, H	31
$n.10^3$	In, B, Sn, Cr, Au, Cs, Cl, Mo, Pb, Rt, Ge, Be, W, Te, He	15
$n.10^4$	Ac, Cd, As, Sb, Hg, Bi	6

Mức độ phổ biến của các nguyên tố kim loại chính trong vỏ Quả đất được phân chia theo các cấp như bảng 5.5.

Bảng 5.5. Sự phân bố các kim loại chính trong vỏ Trái đất

Cấp	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Kim loại	Al, Fe, Mg	Ti	Mn, Cr, V, Cu	Ni, Zn, Sn, Co, Y, La, PB, Ga, Nb	Th, Cs, Ge, Be, As, Mo, U, Tl, Ta, W	Cd, Sb, Bi, Ag, In	Hg, Os, Pd, Te	Au, Pt, Ru, Ir, Rh, Re, Ra

5.3. THÔNG SỐ PHÂN BỐ ĐỊA HÓA

5.3.1. Thông số hành tinh

Qua trình nghiên cứu địa hóa, thông số hành tinh có thể sử dụng như là một đại lượng để đánh giá đặc điểm phân bố địa hóa của các nguyên tố trong phạm vi các khu cấu trúc lớn của vỏ Quả đất. Đó là "Tỉnh địa hóa".

Theo A. E. Fersman (1934): *"Tỉnh địa hóa là một miền đồng nhất về mặt địa hóa và có những tổ hợp nguyên tố hóa học đặc trưng nhất định."*

Để phát triển khái niệm đó A. A. Beux định nghĩa rằng:

"Tỉnh địa hóa là những yếu tố cấu trúc lớn của vỏ Quả đất, có những nét thống nhất đặc trưng về tiến hóa địa hóa, phản ánh trong thành phần hóa học của các phức hệ địa chất, cũng như các mỏ nội và ngoại sinh kim loại và không kim loại."

5.3.2. Thông số khu vực

Thông số khu vực là trị số hàm lượng trung bình của các nguyên tố trong một tỉnh địa hóa. Thông số khu vực có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn thông số hành tinh. Các thông số đó có ý nghĩa định hướng cho công tác tìm kiếm địa hóa. Số hiệu của khu vực có thể được bổ sung trong quá trình tìm kiếm.

5.3.3. Thông số địa phương

Thông số địa phương là trị số hàm lượng trung bình của các nguyên tố trong các thành tạo địa chất như phức hệ magma, các loạt phun trào, các tầng biến chất hay tầng trầm tích. Các thông số địa hóa địa phương trong các đá không liên quan đến các quá trình tạo quặng nào thường được gọi là "Nền địa hóa".

5.4. TÍNH CHUYÊN HÓA ĐỊA HÓA

Là sự tập trung một nguyên tố hay hợp chất nào đó trong đá mà biểu hiện trước tiên là hàm lượng cao hơn số Clark.

5.4.1. Tính chuyên hoá địa hoá trong magma

Khi nghiên cứu sinh khoáng trong các đá magma V. X. Corter - Dvornhicov, M. G. Rub đã nêu ra một khái niệm.

"Tính chuyên hóa địa hóa (và tạo khoáng) của magma là những đặc điểm về hành vi của nguyên tố, hợp chất (và những kim loại) trong đá khi hàm lượng trung bình của chúng vượt quá hàm lượng Clark nhiều lần".

Để có tính chuyên hóa địa hóa và tạo ra một tập trung khoáng sản nào đó thì trước hết magma phải có quá trình phân dị và phân dị càng cao càng có khả năng tạo khoáng.

Người ta chia ra các kiểu chuyên hóa địa hóa của các phức hệ magma như sau:

1- Chuyên hóa địa hóa liên quan với đặc điểm thạch hóa của magma ban đầu.

2- Chuyên hóa địa hóa do đồng hóa (theo địa phương và theo chiều sâu magma).

3- Chuyên hóa địa hóa do quá trình phân dị magma.

Trong công tác tìm kiếm khoáng sản, theo A. A. Beux có thể phân biệt theo bốn nhóm tiêu chuẩn:

1- Đặc điểm phân bố của các nguyên tố tạo quặng và các nguyên tố đi cùng là những chỉ thị tạo quặng trong đá, thể hiện ở hàm lượng của chúng trong đá cao hơn số Clark nhiều lần.

2- Các đá có tính phân dị càng cao càng có khả năng tạo quặng.

3- Đặc điểm phân bố của các nguyên tố tạo quặng trong các khoáng vật riêng biệt - đó là chỉ thị địa hóa.

4- Đặc điểm về mối quan hệ tương hỗ giữa các nguyên tố địa hóa khác nhau và đặc điểm biến đổi các quan hệ trong các điều kiện địa hóa khác nhau.

Khi tìm kiếm phải nghiên cứu sự tập trung của các nguyên tố tạo khoáng và các nguyên tố đi cùng để đánh giá khả năng tạo khoáng của nó.

Tính chuyên hóa địa hóa của các nguyên tố khác nhau cũng khác nhau. Khi nghiên cứu sự phân bố thiếc trong các phức hệ granit ở Kanba, Antai, V. L. Barxucov và L. I. Pavlenko (1966) thấy rằng hàm lượng thiếc trong các khối granit không chứa thiếc không vượt quá 5g/T, còn trong các khối granit có liên quan với thiếc đạt 16 - 30g/T. Trong một số khối granit không chứa thiếc ở Mỹ, Nhật, Canada, theo tài liệu của Ohishi và Sandol(1947) là 3g/T. Theo Batte(1953), Etvab(1957) trong các khối granit chứa thiếc ở Anh, Nam Tư, Pháp chứa 27 - 37g/T.

Đối với beryli thì sự tăng hàm lượng của nó trong granit bị greizen hóa coi như là một dấu hiệu tìm kiếm khu vực. Beryli trong granit đạt hơn 20g/T có thể xác nhận sự có mặt các khoáng vật chứa beryli thực sự trong đá.

Trong các thể xâm nhập mafic chứa quặng, hàm lượng nikel tăng 3 -7 lần, cobal tăng 2 lần so với Clark. Trong đá siêu mafic chứa quặng hàm lượng nikel tăng 2,5 lần, cobal tăng 1,5 lần, đồng tăng 3 lần so với Clark.

Ví dụ, ở Việt Nam các đá granitoit tuổi Creta muộn gồm các khối Pia Oac, Ngân Sơn, Đá Liền, Bắc Sơn, Sơn Dương... mang tính chuyên hóa địa hóa về thiếc và có sự phong phú đặc biệt các nguyên tố phụ đặc trưng như F, B, W, As, Be, Nb... Các khối này đều có liên quan đến quặng hóa thiếc.

5.4.2. Tính chuyên hóa địa hóa và tạo khoáng trong các thành tạo trầm tích

Trong các thành tạo trầm tích, theo N. M. Strakhov (1962), tính chuyên hóa địa hóa và tạo khoáng được xác định bởi thành phần hóa học của đá, nguồn vật liệu, tính phân dị cơ học và các chất hòa tan trên đường vận chuyển, cũng như sự ảnh hưởng của chế độ địa kiến tạo, khí hậu của miền trầm đọng, đặc điểm của các quá trình lý hóa và sinh học của môi trường cuối cùng và điều kiện hóa đá của các thành tạo trầm tích.

Như vậy, khác với tạo quặng trong magma, tạo quặng trong trầm tích trải qua nhiều quá trình. Vì thế, tính chuyển hóa địa hóa và tạo quặng bị chi phối của nhiều yếu tố trong những quá trình rất khác nhau.

Chương VI
TIỀN ĐỀ KIẾN TRÚC

Mỗi một đơn vị địa kiến tạo khác nhau: Miền nền, địa máng, khối trung tâm, miền hoạt hóa, các mảng, đại dương có một mối liên quan quặng hóa và quy luật phân bố khác nhau.

Lý thuyết về quy luật đó đã được nêu ra trong giáo trình khác nhất là địa kiến tạo và sinh khoáng học. Để nghiên cứu và tìm kiếm trong một khu vực nhất định thì các kiến trúc như đứt gãy, nếp uốn, khe nứt có vai trò quan trọng và đặc trưng cho tất cả các đơn vị địa kiến tạo nhất là kiến trúc trước và sau tạo khoáng.

6.1. KIẾN TRÚC ĐỊA CHẤT TRƯỚC TẠO KHOÁNG

Các kiến trúc địa chất trước tạo khoáng đóng vai trò rất quan trọng trong tìm kiếm mỏ.

6.1.1. Uốn nếp

Nếp uốn là nơi thuận lợi cho tạo quặng nhất là ở vòm nếp uốn.

- Đối với các đá dòn, ở vùng bản lề của nếp uốn tạo thành những khe nứt kiểu thớ chẻ hoặc bị vụn nát và tạo thành những đới dăm kết.

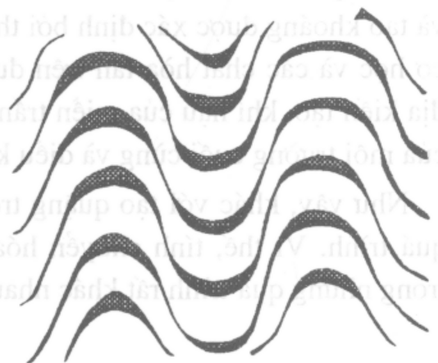
- Đối với các đá dẻo có sự tách lớp tạo thành các khoảng trống tự do. Kiểu tách lớp này thường tạo thành những nếp uốn đồng dạng (hình 6.1).

Do sự di chuyển các vật liệu tạo khoáng nội sinh thường đi từ phía dưới lên, nên nếp lồi thường thuận lợi cho tạo khoáng hơn nếp lõm.

6.1.2. Đứt gãy

Đứt gãy là kiến trúc địa chất khống chế quặng hoá quan trọng. Chúng là đường dẫn các dung dịch magma và quặng hoá, nhất là các đứt gãy sâu. Ngoài ra, đứt gãy còn đóng vai trò phân phối và là nơi tích đọng các chất tạo khoáng.

Tuỳ loại đứt gãy và tính chất của chúng mà có vai trò khác nhau trong tạo quặng, đặc biệt là đứt gãy sâu.



Hình 6.1: *Sự tách lớp ở bản lề khi thành tạo nếp uốn đồng dạng*

Ngoài tác dụng phân chia ranh giới giữa các miền nâng và miền võng, giữa địa máng và nền, giữa khối trung tâm và miền uốn nếp, còn gặp các đứt gãy ngang và nghiêng cũng như đứt gãy khống chế các dải xâm nhập nhỏ, các thể tường liên quan với các khoáng hoá khác nhau.

Vì thế dọc các đứt gãy sâu khu vực thường có các mỏ nội sinh tạo thành các dải quặng. Dựa vào tính chất có thể chia làm ba loại dải quặng:

- *Dải quặng chạy dọc theo đứt gãy sâu:* Dải quặng này thường có tính chất đường, chiều dài hàng trăm kilomet. Đặc điểm kiến trúc của dải này là các mỏ thường không lấp đầy đường khâu của đứt gãy mà nằm ở hai bên đứt gãy.

Ví dụ: Dải quặng vàng ở Urale do A. A. Ivanov mô tả dài hàng trăm kilomet, dải quặng thuỷ ngân, antimon ở Nam Fecgan dài 400 km gồm hàng chục mỏ chạy theo hướng kinh tuyến.

Ở Việt Nam các đứt gãy lớn thường là ranh giới phân chia các đới tướng kiến trúc khác nhau. Dọc các đứt gãy đó thường phân bố các thành tạo magma và khoáng sản đi với chúng. Ví dụ như các mỏ chì kẽm ở miền Đông Bắc phân bố dọc theo đứt gãy sâu giữa đới Sông Lô và đới Sông Hiến tạo thành một loạt mỏ chạy từ Thái Nguyên, Tuyên Quang, Bắc Cạn đến Cao Bằng, Hà Giang.

- *Dải quặng nằm dọc theo các đới yếu giữa các miền có chế độ kiến tạo khác nhau:* Loại này thường nằm ở rìa nền và địa máng. Nó thành tạo dọc theo các khối lớn nằm giữa các đới uốn nếp, thường gồm các đá cổ bị nén ép do các biến dạng kiến tạo trước.

Dải vàng – thiếc Veckhoianski kéo dài hơn 1000 km dọc theo ranh giới đới uốn nếp Veckhoianski và địa máng Côlưm.

Ở Việt Nam cũng có những đứt gãy kiểu đó, như đứt gãy Sông Chảy phân chia miền Đông Bắc, chuẩn nền Nam Trung Hoa và miền địa máng Tây Bắc; đứt gãy giữa địa khối Kon Tum với địa máng Trung Sinh ở phía Bắc... đều có những tập trung quặng thành phần khác nhau.

- *Dải quặng chạy dọc theo đứt gãy sâu dự đoán trên cơ sở địa chất đã được bình ổn:*

Người ta dự đoán rằng: Dải quặng có thể nằm dọc theo các đứt gãy sâu dự đoán mà không phải luôn luôn lộ ra trên mặt.

Ví dụ: Dải bạc Châu Mỹ do I. Sper mô tả (1923) đó là một đới hẹp đi từ phía Tây Bắc, chạy dài đến Nevada một khoảng 4000 km. Nếu kéo dài đường thẳng ấy về phía đông nam thì trùng với dải bạc lớn ở Pêru và Bôlivia. Đường này cắt chéo hướng cấu trúc địa chất. I. Sper nhận xét rằng: đường thẳng ấy chỉ cho ta hướng gần đúng của đường thẳng chạy dọc lục địa dưới dạng có góc.

Ngoài các dải quặng lớn chạy dọc theo các đứt gãy sâu, các đứt gãy nhỏ hơn đóng vai trò rất quan trọng trong việc khống chế quặng hoá địa phương, tạo thành các đới quặng hay thân quặng dạng mạch.

6.1.3 Khe nứt

Khe nứt có giá trị rất lớn trong tìm kiếm, vì chúng quyết định sự phân bố mỏ có nguồn gốc nhiệt dịch, đặc biệt là quặng dạng mạch, mạng mạch. Trong một trường ứng suất bao giờ cũng tồn tại ba loại khe nứt: khe nứt cắt, khe nứt tách, khe nứt ép dẹt. Trong đó khe nứt tách là khe nứt mở thuận lợi cho tạo quặng hậu magma.

6.1.4. Kiến trúc bao quặng

Tất cả các kiến trúc trước tạo quặng thuận lợi cho việc vận chuyển, phân phối và cư trú dung dịch tạo quặng.

- Kiến trúc dẫn quặng là đường đi lên của magma hay dung dịch chứa quặng.

- Kiến trúc phân phối quặng là kiến trúc theo đó dung dịch tạo quặng đi từ đường dẫn đến nơi lắng đọng.

- Kiến trúc bao quặng là kiến trúc bao quanh thân quặng.

Năm 1940, V. M. Crâyche chia ra 6 nhóm và 20 loại. Năm 1965, V. I. Smimov bổ sung thêm và chia ra 25 loại. Đó là những kiến trúc rất quan trọng trong tìm kiếm và tạo thành các thân quặng và trường quặng.

Nhóm 1: Thân quặng nằm chỉnh hợp với đá vây quanh

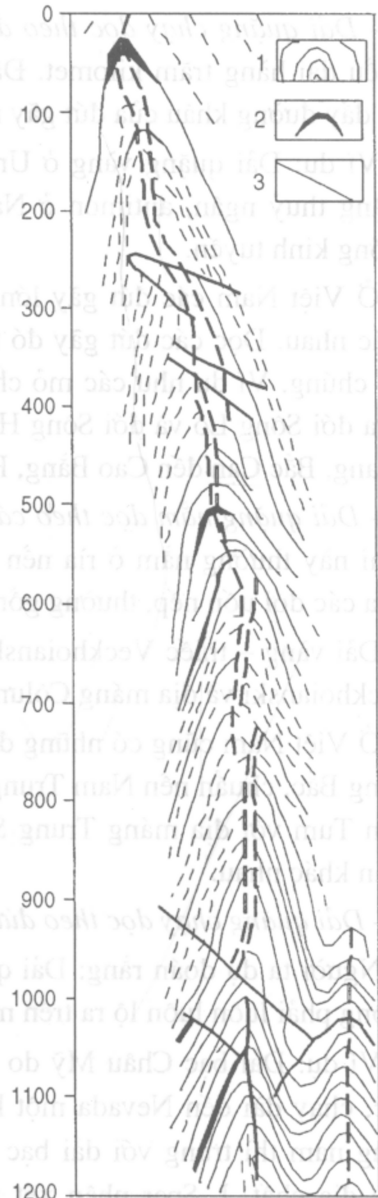
1. Thân quặng trong bản lề nếp uốn

Trong bản lề nếp uốn thường tạo thành các thân quặng dạng yên ngựa.

Các thân quặng này có thể một tầng hay nhiều tầng, ví dụ các thân quặng thạch anh - vàng kiểu yên ngựa ở mỏ Bendigo (Ôxtrâylia) (hình 6.2). Chiều dài theo phương tương đối lớn.

2. Thân quặng trong nếp oằn

Có dạng thấu kính và được kéo dài ở nơi tách lớp của các đá dẻo. Trong các đá giòn như đá vôi, đolomit, quarzit tại nếp oằn thường tạo thành các hệ thống khe nứt hay đới vỡ vụn thuận lợi cho quặng tập trung.



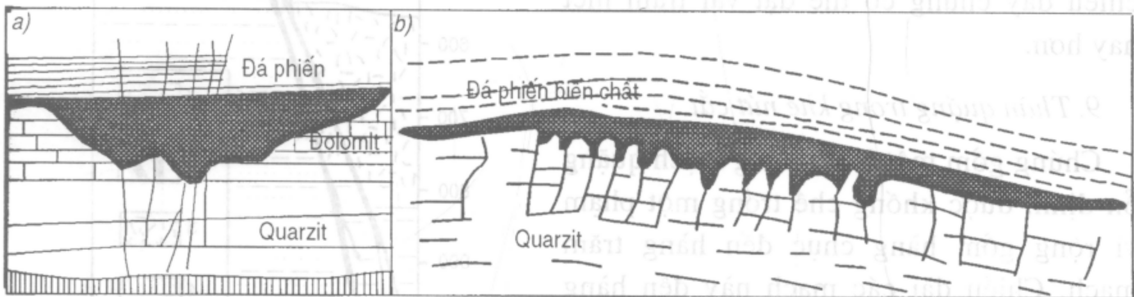
***Hình 6.2:** Thân quặng thạch anh - vàng kiểu yên ngựa ở Bendigo (theo Baracnavat)*
1. Đá phiến và cát kết; 2. Quặng; 3- Đứt gãy

3. Thân quặng trong đới dập vỡ

Khí có biến động kiến tạo, giữa các tầng đá có độ bền khác nhau, thường tạo ra các đới dập vỡ trong các đá giòn. Tại đây, các dung dịch tạo quặng có thể tập trung thành thân quặng. Loại này khá phổ biến.

4. Thân quặng dưới màn chắn không thấm nước

Rất nhiều thân quặng được thành tạo dưới các tầng đá không hay ít thấm nước. Các tầng đó thường ít lỗ hổng, ít nứt nẻ, không hay ít có khả năng cho dung dịch nhiệt dịch thấm qua (hình 6.3).



***Hình 6.3:** Thân quặng dưới lớp màn chắn*

5. Thân khoáng trong các tầng đá thuận lợi

Đó thường là các thân quặng dạng thay thế trao đổi. Quặng thường có dạng xâm tán trong các vỉa hay tập vỉa như quặng đa kim trong đá vôi, dolomit hay quặng đồng trong đá cát kết.

Các thân quặng này tương đối ổn định kéo dài vài km. Một số mỏ dạng tầng, kiểu này như đồng, chì - kẽm có nguồn gốc chưa rõ ràng như mỏ Pb - Zn Mixuri - Mixixipi ở Mỹ, mỏ Nam Kazactan, mỏ Blaybec ở Australia, mỏ Menica ở Nam Tư, mỏ Sedmoxislennixi ở Bungari…

Các mỏ đồng trong cát kết cũng được tranh luận về nguồn gốc.

Nhóm II - Thân quặng nằm trong đứt gãy

6. Thân quặng trong đứt gãy chờm

Nhiều mỏ nhiệt dịch phân bố dọc theo các đứt gãy chờm và coi như đường dẫn quặng. Các thân quặng này thường không lấp đầy hoàn toàn đứt gãy mà nằm lệch sang hai bên.

7. Thân quặng trong đứt gãy thuận và ngang

Thân quặng thường có dạng mạch lớn hay cột quặng. Thân quặng thường nằm đơn độc mà không phát triển thành hệ thống kiểu trường mạch, kiểu khe nứt kiến tạo.

Ví dụ: Mỏ bạc - vàng Xanh Raphaen ở Mehico (hình 6.4).

Nhóm III - Thân quặng trong khe nứt kiến tạo

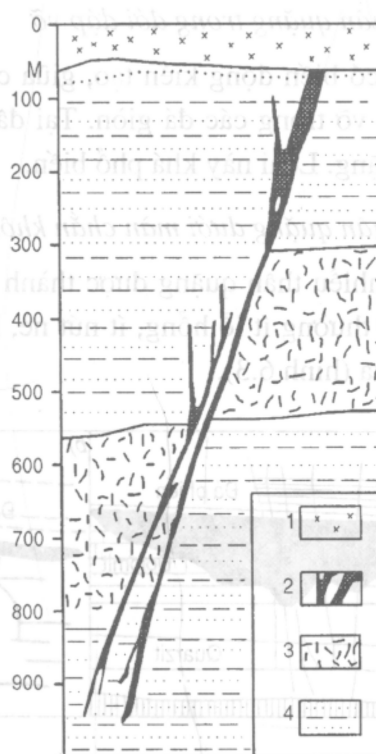
8. Thân quặng trong khe nứt tách

Hình dáng không đều, kích thước ngắn chúng thường kết thành từng nhóm trong chỗ uốn. Các mạch quặng tuy ngắn, nhưng chiều dày chung có thể đạt vài trăm mét hay hơn.

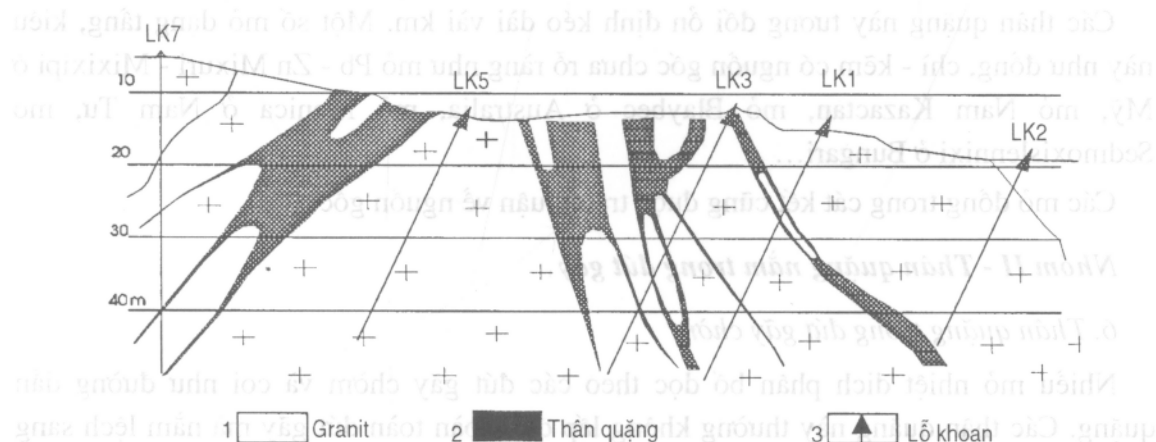
9. Thân quặng trong khe nứt cắt

Chúng gồm một loạt những mạch quặng ổn định, được khống chế trong một phạm vi rộng gồm hàng chục đến hàng trăm mạch. Chiều dài các mạch này đến hàng trăm mét.

Ví dụ: Mỏ molipden Ô Quy Hồ (hình 6.5) gồm 15 thân quặng dài từ 200 - 1408m, dày 0,5 - 14,75m. Thành tạo trong các khe nứt cắt qua các khối granit phức hệ Ye Yên Sum và đá phiến biến chất hệ tầng Sin quyền.



Hình 6.4: *Mạch bạc – vàng Xanh Raphaen (Mehico) nằm ở đứt gãy (theo V. Lindgren)*
1. Lớp phủ andezit trẻ; 2. Mạch quặng; 3. Andezit xâm nhập tuổi Mioxen; 4. Cát kết đá phiến tuổi Jura



Hình 6.5: *Mặt cắt mỏ molibden Ô Quy Hồ (theo tài liệu LĐĐCTB)*

10. Thân quặng trong hai hệ thống khe nứt cắt.

Hai hệ thống này thường gần vuông góc với nhau.

11. Thân quặng trong hai hệ thống khe nứt cắt và tách

Có nhiều trường quặng rất phức tạp, có khi nằm trong ba hệ thống khe nứt.

12. Thân quặng trong khe nứt lông chim

Dọc theo các phá hủy kiến tạo, các đứt gãy thường có các hệ thống khe nứt cắt và tách từ hai bên và tắt đi rất nhanh. Điều kiện đó tạo ra các thân quặng có dạng hình lông chim.

13. Thân quặng trong đới khe nứt

Bên cạnh những mỏ dạng mạch nằm trong các hệ thống khe nứt rõ ràng, còn có những mỏ liên quan với các đới khe nứt không có hướng nhất định. Thân quặng dạng mạch nhỏ hay mạng mạch xâm tán trong một mạng khe nứt dày, điển hình cho các mạch thiếc, đa kim, vàng molipden.

14. Thân quặng trong khe nứt hình nón

Loại này chỉ gặp ở những chỗ khe nứt gặp nhau và có biến dạng cơ học không đều.

15. Thân quặng tại chỗ khe nứt gặp nhau

Ở những chỗ khe nứt gặp nhau thương có những khoảng trống rộng tạo thành các thân quặng lớn và giàu hơn, đôi khi tạo thành cột quặng.

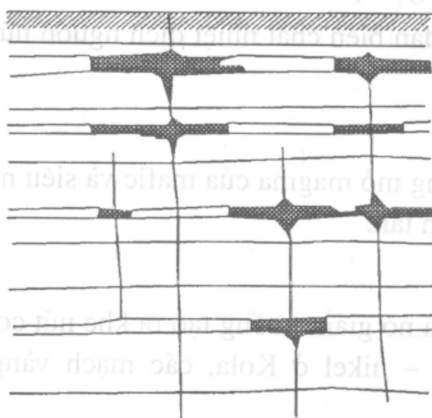
16. Thân quặng trong đới phân phiến

Do tính chất phân phiến của đá, khi có biến động kiến tạo, chúng có thể tách ra tạo thành những khoảng trống hẹp để dàng cho dung dịch tạo quặng len vào và tạo thành cấu trúc phiến.

Nhóm IV - Kiến trúc tổ hợp

17. Thân quặng tại chỗ tiếp xúc của đứt gãy, khe nứt và đá thuận lợi

Hình dáng thân quặng tùy thuộc vào các kiến trúc địa chất. Ví dụ, thân quặng tạo thành bởi khe nứt và tầng đá thuận lợi (hình 6.6).



Hình 6.6: *Sơ đồ cấu trúc mỏ, thành tạo tại chỗ khe nứt mang quặng gặp các vỉa đá thuận tiện cho sự lắng đọng quặng*

Nhóm V - Kiến trúc tiếp xúc với đá magma

18. Thân quặng tiếp xúc chỉnh hợp với đá xâm nhập.

Các thân quặng có kiến trúc gần như dạng vỉa theo bề mặt tiếp xúc. Kiểu này điển hình cho mỏ skarn.

19. Thân quặng cắt qua khối xâm nhập.

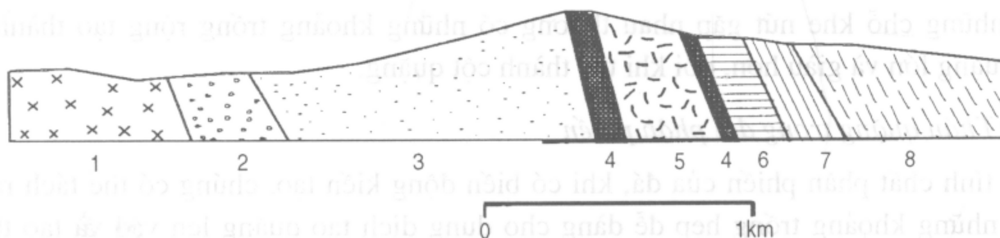
Các mỏ này chủ yếu có nguồn gốc skarn và tạo thành ở nơi tiếp xúc với đá trầm tích. Thân quặng có dạng thấu kính, cột, ổ và có nhiều kiểu kiến trúc khác nhau.

Nhóm VI - Kiến trúc trong giai đoạn magma và hậu magma sớm

20. Thân quặng trong kiến trúc phân lớp của magma.

Đó là các mỏ magma trong xâm nhập dạng tầng. Quặng thường có dạng vỉa nằm trong những vị trí nhất định. Các vỉa đó thường có chiều dài lớn đạt tới vài km, nhưng chiều dày mỏng.

Thuộc về mỏ loại này các vỉa chứa nikel trong norit, kim loại hiếm, apatit trong xâm nhập kiềm, crômit trong đá siêu mafic, các mỏ magnetit (hình 6.7).



***Hình 6.7:** Mỏ magnetit Kirun ở Thuỵ Điển (theo Bateman)*
1. Đá xanh; 2. Cuội kết; 3. Porphir sheelit;
4. Magnetit; 5. Porphirit thạch anh; 6 ÷ 8. Đá trầm tích.

21. Thân quặng trong kiến trúc xâm nhập tuần tự

Đó là các mỏ magma muộn và dung li trong đá xâm nhập mafic và siêu mafic.

22. Thân quặng trong kiến trúc phân lớp trong đá phun trào

Thuộc về loại này là các thân quặng conchedan biến chất nhiệt dịch nguồn núi lửa và các mỏ trầm tích phun trào.

23. Thân quặng trong kiến trúc chảy

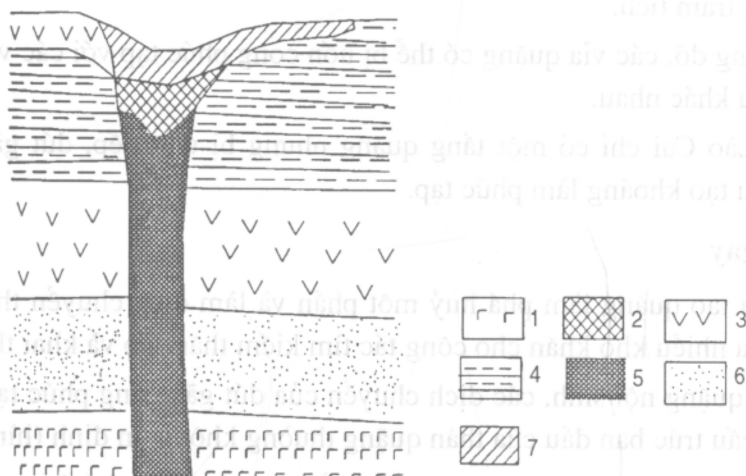
Ví dụ như các thân quặng dạng dị ly thể trong mỏ magma của mafic và siêu mafic, ví dụ như quặng crom – spinel, titanomagnetit xâm tán.

24. Thân quặng trong khe nứt co rút

Khi khối xâm nhập đông đặc lại, thể tích của nó giảm xuống tạo ra khe nứt co rút. Ví dụ như các khe nứt chứa quặng sulfur đồng – nikel ở Kola, các mạch vàng ở mỏ Octanski ở Kazacxtan.

25. Thân quặng trong ống nổ

Các thân quặng dạng ống thường được lấp đầy trong các cột dăm kết. Điển hình cho dạng này là các ống kim berlit chứa kim cương (hình 6.8).



Hình 6.8: *Sơ đồ lát cắt qua ống Kimberlit ở Nam Phi*
1. Đá chứa ôlivin; 2. Quarzit; 3. Điabas; 4. Đá phiến; 5. Kimberlit chứa kim cương; 6. Đất màu xanh; 7. Đất màu vàng.

6.2. KIẾN TRÚC ĐỊA CHẤT TRONG KHI TẠO QUẶNG

6.2.1. Uốn nếp

Khi thành tạo các mỏ nội sinh thì biến dạng uốn nếp không có ảnh hưởng gì đáng kể, vì phần lớn các mỏ nội sinh được thành tạo sau những pha uốn nếp chính.

Trong khi thành tạo các mỏ trầm tích, kiến trúc uốn nếp ít nhiều có tác dụng. Trong các quá trình nâng lên có thể làm cho chiều dày trầm tích giảm xuống. Trái lại, trong bể trầm tích khi nền đang được lún xuống thì chiều dày thân quặng có thể tăng thêm (mỏ sắt trầm tích Kecsi).

6.2.2. Đứt gãy

Người ta chưa quan sát được tác dụng của đứt gãy trong thời kỳ tạo quặng.

6.2.3. Khe nứt

Khe nứt cùng tạo quặng đôi khi có ảnh hưởng đến quá trình đó. Sự phát triển khe nứt cùng tạo quặng có thể dẫn đến những hậu quả sau:

- Thành tạo các mạch quặng có thành phần khác nhau trong giới hạn trường mạch.
- Làm cho mạch quặng dài và dày thêm.
- Có thể tạo thành các cột quặng, nhất là ở chỗ các khe nứt gặp nhau.
- Các mạch quặng có thể tạo thành các đới có thành phần khác nhau.

6.3. KIẾN TRÚC ĐỊA CHẤT SAU TẠO QUẶNG

6.3.1. Uốn nếp

Uốn nếp sau tạo quặng ít ảnh hưởng đến mỏ nội sinh, nhưng làm thay đổi hình dáng các thân quặng trầm tích.

Dưới tác dụng đó, các vỉa quặng có thể bị uốn cong phức tạp với các vỉa đá vây quanh theo nhiều kiểu khác nhau.

Mỏ apatit Lào Cai chỉ có một tầng quặng nhưng bị uốn nếp, đứt gãy và các mạch lamprophyr sau tạo khoáng làm phức tạp.

6.3.2. Đứt gãy

Đứt gãy sau tạo quặng làm phá huỷ một phần và làm dịch chuyển thân quặng. Hiện tượng đó gây ra nhiều khó khăn cho công tác tìm kiếm thăm dò và khai thác.

Đối với tạo quặng nội sinh, các dịch chuyển của đứt gãy càng phức tạp về hình dáng, kích thước và cấu trúc ban đầu của thân quặng thường không ổn định (hình 6.9).

Khi tìm kiếm trong các trường quặng có nhiều đứt gãy phải chú ý:

- Phân biệt các hệ thống đứt gãy.
- Xác định hướng và cự ly dịch chuyển.
- Phân biệt các đứt gãy trước và sau tạo quặng.

6.3.3. Khe nứt

Khe nứt sau tạo quặng chỉ phá vỡ một phần thân quặng mà không làm dịch chuyển nó nên không ảnh hưởng nhiều đến công tác tìm kiếm và thăm dò.

6.4. CÁC ĐƠN VỊ CẤU TRÚC - KIẾN TẠO Ở VIỆT NAM

Theo Trần Văn Trị và nnk, có thể phân biệt các đơn vị cấu trúc - kiến tạo ở Việt Nam như sau:

6.4.1. Các khối vỏ lục địa trước Cambri

1. Khối Indosinia: móng kết tinh của khối Kontum và võng Phanerozoi gồm hai đới:

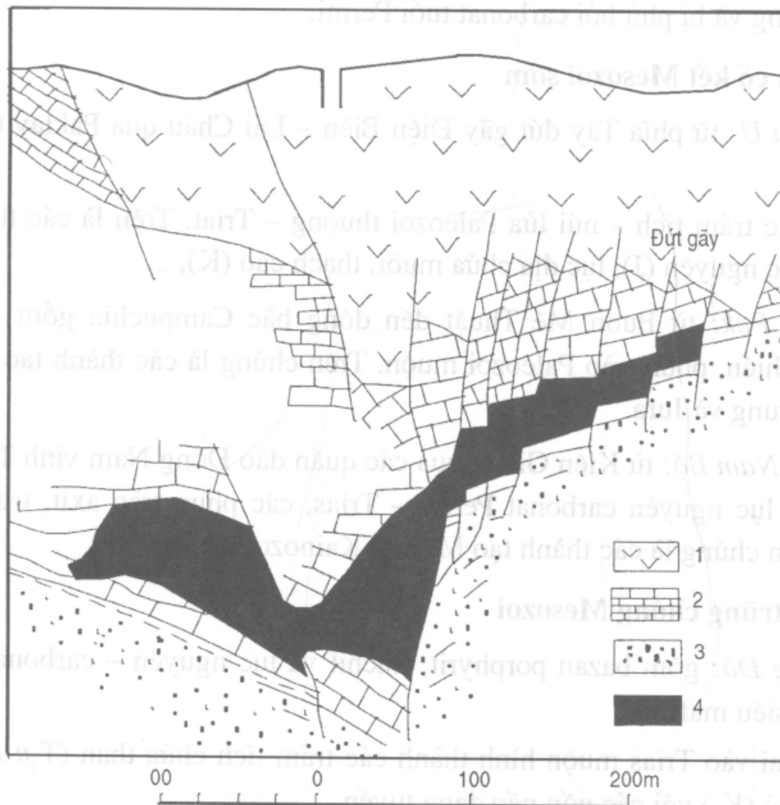
- Kan Nack: gneis pyroxen granulit tuổi Arkei muộn.
- Ngọc Linh: Đá phiến kết tinh tướng amphibolit tuổi Proterozoi. Trên là các võng Paleo – Meso Kainozoi.

2. Khối Hoàng Sa: Móng là đá phiến kết tinh, granit gneis tuổi Proterozoi. Phủ trên là các lục nguyên – carbonat tuổi Đệ Tam.

3. Khối Hoàng Liên Sơn: Tạo thành một nếp lồi theo dãy Phan Si Pan và địa luỹ Núi Con Voi kẹp giữa đứt gãy Sông Hồng và Sông Chảy gồm gneis, amphibolit xen đá hoa tuổi Proterozoi. Phủ trên là lục nguyên – carbonat vend – paleozoi.

6.4.2. Miền cố kết Paleozoi sớm – giữa Việt Trung

1. Đới Việt Bắc: nằm giữa đứt gãy Sông Chảy và Sông Cầu, móng là trầm tích núi lửa Proterozoi thượng – Silur hạ. Trên là các thành tạo lục nguyên carbonat tuổi Devon, Carbon.



Hình 6.9: *Mặt cắt ngang qua mỏ Tinic Standan (theo J. B. Kräynơ)*

1. Ryolit; 2. Đá vôi; 3. Quarzit; 4. Quặng, thân quặng tạo thành dãy khối bị đứt gãy cắt đứt hình chữ ; 5 - Đứt gãy

2. Đới Tây Bắc Bộ: phân bố ở lưu vực Sông Mã, Sông Đà. Móng là các trầm tích – núi lửa Proterozoi thượng – Paleozoi hạ và các xâm nhập mafic, siêu mafic.

Lớp phủ là lục nguyên – carbonat Paleozoi trung – thượng.

3. Đới Đông Bắc Bộ: gồm các thành hệ lục nguyên Proterozoi thượng – Paleozoi hạ tạo nên phức nếp lồi Cao Bắc Lạng và Quảng Ninh. Lớp phủ là lục nguyên – carbonat tuổi Paleozoi trung và các rift (An Châu), địa hào (Hòn Gai, Bảo Đài) tuổi Trung Sinh.

6.4.3. Miền cố kết Paleozoi giữa – muộn Việt Lào

1. Đới Đà Nẵng – Sê Pon: gồm các thành hệ lục nguyên núi lửa, đá phiến silic tạo thành phức hệ móng cố kết vào Neoproterozoi – Paleozoi hạ, phân bố ở Bắc, Tây Bắc khối Kom Tum, kèm theo nhiều phức hệ xâm nhập siêu mafic đến granit, granodiorit.

2. Đới Trường Sa: gồm các thành hệ fluch turbidit – núi lửa tuổi Paleozoi hạ - trung bị các granit Trường Sơn, Đồng Hới xuyên cắt. Lớp phủ là lục nguyên – carbonat paleozoi thượng.

3. Đới Hà Tiên – Campot: phân bố ở Tây Nam Bộ và Đông Nam Campuchia. Móng là Paleozoi trung và bị phủ bởi carbonat tuổi Permi.

6.4.4. Miền cố kết Mesozoi sớm

1. Đới Nậm U: từ phía Tây đứt gãy Điện Biên – Lai Châu qua Paklay (Lào) và Loei (Thái Lan).

Móng là các trầm tích – núi lửa Paleozoi thượng – Triat. Trên là các thành tạo chứa than ($T_3n\text{-}r$) lục nguyên (J), lục địa chứa muối, thạch cao (K), ...

2. Đới Srê Pok: từ Buôn Mê Thuật đến đông bắc Campuchia gồm các trầm tích carbonat, đá phiến, phun trào Paleozoi muộn. Trên chúng là các thành tạo lục nguyên – núi lửa Triat trung và Jura.

3. Đới Tây Nam Bộ: từ Kiên Giang qua các quần đảo Đông Nam vịnh Thái Lan, gồm các thành tạo lục nguyên carbonat Permi – Trias, các phun trào axit, trung tính Trias muộn. Phủ trên chúng là các thành tạo Meso – Kainozoi lục địa.

6.4.5. Các trũng chồng Mesozoi

1. Rift Sông Đà: gồm bazan porphyrit, trachit và lục nguyên – carbonat và các xâm nhập mafic – siêu mafic.

Rift khép lại vào Trias muộn hình thành các trầm tích chứa than ($T_3n\text{-}r$), lục địa (J), vụn thô màu đỏ (K_2) với các uốn nếp dạng tuyến.

2. Rift Sông Hiến: gồm các đá lục nguyên – phun trào axit Trias và các thành hệ phun trào tương phản, các xâm nhập nhỏ mafic, siêu mafic.

Trên chúng là trầm tích lục địa và ryolit Jura – Kreta.

3. Rift An Châu: gồm các trầm tích – núi lửa axit tuổi Mesozoi. Trên là trầm tích chứa than ($T_3n\text{-}r$) vụn thô lục địa (J_1) và lục địa màu đỏ (K_2).

4. Rift Sầm Nưa: phân bố ở Đông Bắc Nghệ Tĩnh qua Lào gồm các thành tạo lục nguyên – núi lửa và carbonat Trias trung. Trên chúng là trầm tích chứa than ($T_3n\text{-}r$), phun trào axit (J_3-K) và lục địa màu đỏ (K_2).

5. Rift An Khê: gồm lục nguyên – núi lửa Trias chồng trên móng của khối Kon Tum.

6. Rift Tú Lệ: gồm núi lửa – pluton tương phản (J-K) xâm nhập axit – kiềm (K_2 – P) tạo thành dãy Phansipan.

7. Địa hào Hòn Gai, Bảo Đài: gồm trầm tích chứa than ($T_3n\text{-}r$) và trầm tích vụn thô ($J_{1\text{-}2}$) có chiều dày lớn.

8. Địa hào Nông Sơn: trầm tích chứa than (T_3*n-r*) và trầm tích biển – lục địa (J_1).

9. Đới rìa Đông Đà Lạt: gồm đá núi lửa – pluton loạt kiềm vôi Jura muộn – Pleogen.

6.4.6. Các trũng chồng Kainozoi

Các trũng chồng Kainozoi gồm các trũng dọc đứt gãy có dạng địa hào với thành hệ molat chứa than như Nà Dương, Sông Chảy, Sông Hồng, các rift nội lục (Hà Nội), các bồn tam giác châu có dạng rift như Sông Hồng, Cửu Long, Phú Khánh,..

6.4.7. Biển rìa đông Việt Nam

6.4.8. Vành Bazan Kainozoi Tây Nguyên

Gồm các loạt bazan kiểu trap tuổi Miocen muộn đến Holocen.

Phần thứ III
DẤU HIỆU TÌM KIẾM

Dấu hiệu tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất hay không địa chất chỉ ra một cách trực tiếp hay gián tiếp điều kiện tìm thấy mỏ trong vỏ Quả đất (Crayche, 1961).

Để phân biệt với tiền đề tìm kiếm, chúng tôi nêu ra khái niệm: "Tiền đề tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất *sinh ra mỏ,* dấu hiệu tìm kiếm là những hoàn cảnh địa chất hay không địa chất *do mỏ sinh ra"* (Đặng Xuân Phong, 1977, 2002).

Chương VII
VÀNH PHÂN TÁN VẬT LIỆU KHOÁNG SẢN

Xung quanh hay gần các thân khoáng thường có một khoảng không gian chứa các vật liệu từ trong đi ra và hàm lượng của chúng lớn hơn hàm lượng trong đá một mức nhất định. Đó là *vành phân tán*.

7.1. VÀNH PHÂN TÁN (VPT) NGUYÊN SINH

VPT nguyên sinh gồm những vật chất phân tán thưa, mịn, đôi khi là những mạch khoáng vật hay các biểu hiện tạo khoáng nhỏ trong đá vây quanh thân khoáng. Nhưng chủ yếu là các hạt khoáng vật hay những phân tán dưới dạng nguyên tố.

Tuỳ mức độ tập trung nguyên tố trong VPT, A.I. Ginxbua (1967) phân biệt ra 4 mức (bảng 7.1).

1 - Bình thường: thấp hơn hàm lượng có thể phát hiện được bằng phân tích mẫu địa hoá.

2 - Phân tán: cao hơn hàm lượng nền vài lần.

3 - Giàu: vượt hẳn hàm lượng phân tán hàng chục lần.

4 - Có tạo khoáng: gần bằng hàm lượng tối thiểu công nghiệp.

Bảng 7.1: Hàm lượng để xác định các mức độ tập trung nguyên tố trong VPT nguyên sinh (theo A.I. Ginxbua)

Nguyên tố	Bình thường	Phân tán	Giàu	Tạo khoáng	Hàm lượng Clack
Pb	0,006	0,007 - 0,06	0,07 - 0,3	0,3	0,0016
Zn	0,01	0,01 - 0,06	0,07 - 0,3	0,3	0,005
Ag	-	0,0001 - 0,0006	0,0007	-	0,00001
Cu	0,006	0,007 - 0,06	0,07 - 0,3	0,3	0,01
V	0,03	0,04 - 0,06	0,07 - 0,1	0,VPT	0,015
Bi	-	0,006 - 0,01	0,01 – 0,06	0,06	0,00005
Mo	0,0006	0,0007 - 0,006	0,007 - 0,06	0,06	0,0003
W	-	0,01	0,01 – 0,06	0,06	0,0001
As	-	0,03 - 0,06	0,07 - 0,1	0,06	0,0005
Sb	-	0,01 - 0,03	0,01 - 0,1	0,VPT	0,00004
Ni	0,01	0,01 – 0,1	0,11 – 0,03	0,VPT	0,008
Co	-	0,01 - 0,03	0,04 – 0,06	0,3	0,003
Sn	-	0,006 – 0,06	0,07 – 0,10	0,06	0,004
Cr	0,04	0,04 - 0,10	0,10 - 1,0	1,0	0,062
Mn	0,03	0,04 - 0,10	0,10 - 1,0	1,0	0,65

Tính chất của vành phân tán nguyên sinh:

VPT nguyên sinh có các tính chất như sau:

1 - Kích thước của VPT nguyên sinh thường lớn hơn và bao trùm thân khoáng. Ví dụ: VPT của Cu đến 250m; Pb, Ba: 400m; Zn: 500m; Hg đến 700 - 800m…

VPT của các nguyên tố rất hoạt động và dễ bay hơi như Hg, As, Ab, Ce, Te, Zn, Ba và đôi khi là Bi, Mo, Ag, B, F có kích thước và hình dáng rất khác nhau.

2 - Thành phần vật chất trong VPT nguyên sinh có liên quan với thành phần mỏ gốc, nhưng còn có những thành phần trong đá ban đầu và những hợp phần liên quan đến quá trình nhiệt dịch trước và sau khi tạo khoáng. Một số tài liệu đó được giới thiệu trên bảng 7.2.

3 - Đôi khi VPT nguyên sinh, nhất là đối với các mỏ đa kim thường có *cấu trúc đới.*

+ Sự phân bố của các nguyên tố trong VPT nguyên sinh của mỏ nhiệt dịch, theo E. Baranov, X. Grigorian, L. Ovsinhicov từ trên xuống như sau: Ba, Sb, Hg, As, Ag, Pb, Zn, Au, Cu, Bi, W, Mo, U, S, Sn, Co, Ni, Be.

Bảng 7.2: Các nguyên tố trong VPT của một số loại mỏ chính

Loại mỏ	Các nguyên tố				
	Phổ biến nhất	Phổ biến	Ít phổ biến	Không có trong VPT, có trong quặng	Các nguyên tố trước tạo quặng
Dung ly Cu - Ni	Cu, Ni, Ti	Co			
Nhiệt dịch Cu - Ni	Cu, Zn, Co, Ni	Pb, Ag, As			
Pegmatit kim loại hiếm	B, Li, Rb, Cs		Be, Nb, Ta		
Carbonatit kim loại hiếm	Sr, Mn, TR, Nb, P				
Skarn đa kim	Pb, Zn, Cu, Ag, As, Bi, Sn, Hg, Mo, Ba, W	Sb		Cd	
Nhiệt dịch: - Thạch anh - molibden - serixit	Cu, Ag, Ab, Bi, Mo	Pb, Sn	Ga, Mn, Li	Zn, Au, As, Se, Te, W	Be, Ti, Ca, Na, Mg
- Molibden - kim loại hiếm	Mo, Br, W	Cu			
- Sunfur đa kim	Pb, Zn, Cu, Ag, As, Sb, Bi, Hg, Mo, Ba	Au, Tl	Sn, Ga, Ge, Co, Zn	Te	Ti, Ca, Na
- Chì - kẽm	Pb, Zn, Ag, As	As	Cu, Sn	Te, Se, Tl	
- Sunfur đồng	Cu, Zn, Hg	Pb, Ag, As, Bi, Mo	Sn		
- Thuỷ ngân	Hg	As, Sb	Pb, Zn		
- Antimon	Sb, As, Zn, Hg	Pb			
- Thuỷ ngân - Antimon	Hg, Sb, As	Zn	Tl	Se	
Sunfur - urani	Pb, Mo, U	Zn, Cu			
Fluorit - urani	Pb, Zn, Cu, U, Molibden	Ag	Ag, Co, Zr, Br, P		
Phosphorit - urani	Zr, U, P, Yb	Pb, Zn, Sr, Be	As, Ni		
Thạch anh - vàng sunfur	Pb, Cu, Ag, Au, As, Sb, Mo, W				
Sunfur - vàng	Cu, Au, Sb				
Sunfur - vàng trong skarn	Cu	Pb, Ag, Au, Sb			
Đa kim - bạc	Pb, Cu	Ag, Au	As, Co		

Có ba kiểu phân đới:

+ *Phân đới thẳng đứng:* Dòng phân đới đứng với các mỏ điển hình được giới thiệu trong bảng 7.3.

Bảng 7.3. Dòng phân đới đứng của một số mỏ điển hình

TT	Khoáng sản (kiểu quặng)	Dòng phân đới đứng theo chiều sâu
1	Wolfam, molibden trong skarn	Ag, As, Zn, Mo, W, Ni, Co
2	Đa kim trong skarn	As, Cd, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi
3	Quặng vàng	Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Sn
4	Quặng thiếc	Sb, (Ag, Pb, Zn), (Sn, Cu, Bi), (Co, Mo, W)
5	Quặng đồng	Br, As, Pb, Zn, (Ag, Sn), Cu, Bi, Co, Ni
6	Quặng uran	Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, U
7	Quặng thuỷ ngân	Hg, Sb, Pb, Zn, Cu, (Co, Ni)
8	Bismut trong skarn	Pb, Ag, Zn, (Co, Cu, Bi), Ni

+ *Phân đới dọc:* theo đường phương của thân khoáng không thật điển hình và thường hẹp.

+ *Phân đới ngang:* Tuỳ thuộc vào cấu trúc và vị trí của thân khoáng và tính đới rõ nhất thể hiện ở mái của thân khoáng (bảng 7.4).

4. Hình dạng của VPT nguyên sinh rất khác nhau. Thường hình dạng của VPT ít nhiều phụ thuộc vào hình dạng của thân khoáng, nhưng còn phụ thuộc vào điều kiện địa chất xung quanh thân khoáng.

Bảng 7.4. Dòng phân đới ngang của VPT nguyên sinh trong một số mỏ

TT	Khoáng sản (kiểu quặng)	Dòng phân đới ngang
1	Chì - kẽm trong skarn	Ba, Zn, Pb, As, Ag, Cu, Sb
2	Chì - kẽm dạng mạch	Pb, Ba, Zn, Ag, Cu, As, Co
3	Sheelit (wonfram) trong skarn	W, Mo, Cu, Ba, Zn, Pb, Sn
4	Vàng - thạch anh	Au, As, Bi, Ag, Pb, Sb, Cu, Be, Mo, Zn
5	Đồng - porphyr	Cu, Cu, Mo, Ag, As, Sb
6	Đồng - bismut	Cu, Bi, Pb, Ag, As, Ba, Zn, Co
7	Urani	U, Mo, Pb, Cu, Zn, Ag, Hg, As, Ba
8	Thuỷ ngân	Hg, As, Ba, Cu, Pb, Zn, Ni, Ag, Co
9	Sunfur casiterit	Sn, Ag, Zn, Pb, Cu, Mo

7.2. VÀNH (DÒNG) PHÂN TÁN THỨ SINH

7.2.1. Vành phân tán cơ học

Trong điều kiện ngoại sinh, đá và quặng chịu sự biến đổi của quá trình phong hoá cơ học, hoá học hay sinh hoá học.

Do quá trình phân dị về cơ học mà tạo ra các vành phân tán khác nhau:

- Vành tảng lăn: vật liệu phân tán là những mảnh quặng, phân bố gần thân quặng gốc trong tàn tích, sườn tích hay lũ tích. Đa số các mảnh đó thường sắc cạnh, hay bị mài tròn ở mức độ khác nhau.

- Vành trọng sa: vật liệu là những hạt khoáng vật. Chúng có thể phân bố gần hay xa thân quặng gốc tuỳ độ cứng, tính bền vững, tỷ trọng, điều kiện địa chất, địa mạo...

VPT trọng sa được thành tạo trong tàn tích, sườn tích, lũ tích, bồi tích dọc theo thung lũng sông suối hay dọc bờ biển, hồ do hoạt động của nước, băng hay do tác động của gió.

7.2.2. Vành phân tán địa hoá học

7.2.2.1. Sự hình thành VPT địa hoá thứ sinh

Do sự biến đổi ngoại sinh, trong những điều kiện thuận lợi tạo ra các tập trung một số nguyên tố nào đó cao hơn hàm lượng nền; dẫn đến những "dị thường địa hoá". Đó là *vành phân tán địa hoá thứ sinh*.

7.2.2.2. Sự di chuyển của các nguyên tố

Trong hoàn cảnh tự nhiên các yếu tố như đá, địa hình, khí hậu, nước, thổ nhưỡng, thế giới động vật và thực vật tạo thành một đơn vị hỗ tương và nhân quả.

Các VPT thứ sinh thường được thành tạo trong thổ nhưỡng. Thành phần đặc trưng nhất của thổ nhưỡng là hunit. Đó là một thành tạo rất phức tạp gồm chủ yếu là axit hữu cơ cao phân tử và các muối kim loại của chúng trước hết là kim loại kiềm và kiềm đất cũng như các nguyên tố tạo quặng.

Thành phần hoá học của thổ nhưỡng theo A. P. Vinogradov (1950) như sau: trong 13 nguyên tố tạo thổ nhưỡng chính (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, N, C, Mn, P) gồm 99,65% tổng số các nguyên tố: các nguyên tố tạo quặng là 0,31%.

Các nguyên tố ít trong thổ nhưỡng có nhiều hình, nhiều vẻ: các khoáng vật, chất lẫn trong khoáng vật, trong thổ nhưỡng, các nguyên tố phân tán trong cây cỏ.

Các nguyên tố trong tự nhiên di chuyển theo: nước, gió, băng, theo trọng lực. Nhưng chủ yếu là nhờ hoạt động của nước.

7.2.2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự di chuyển các nguyên tố

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự di chuyển của các nguyên tố . Đó là các yếu tố của môi trường và các thuộc tính bên trong của các nguyên tố.

Đối với các yếu tố bên trong thì quan trọng là hoá trị của ion, bán kính ion, độ tập trung, tính phóng xạ, kiến trúc ô mạng tính thể, tính chất mối liên kết, tỷ trọng... Các yếu tố của môi trường chủ yếu là nhiệt độ, áp suất, nồng độ của dung dịch, độ pH, Eh ,tác dụng hấp thụ của các sinh vật...

7.2.2.4. Hệ số di chuyển của các nguyên tố

A. I. Pereman (1961) đã biểu thị tính chất của các nguyên tố trong dung dịch nước qua hệ số di chuyển theo công thức sau:

$$K = \frac{\frac{m_x}{a} \cdot 100}{n_x} = \frac{m_x}{a} \cdot \frac{100}{n_x}$$

Trong đó:

m_x - hàm lượng các nguyên tố nghiên cứu trong dung dịch bằng g/l;

a - hàm lượng tổng cộng của tất cả các nguyên tố (m_x) tính bằng g/l;

n_x - hàm lượng trung bình của nguyên tố trong các đá thấm nước tính bằng % trọng lượng.

Ông cũng đã phân chia ra các nhóm nguyên tố như sau:

- Các nguyên tố hoạt động: K_x = n.10 - n.100.
- Các nguyên tố hoạt động dễ dàng: K_x = n - n.10.
- Các nguyên tố hoạt động: K_x = 0,n.
- Các nguyên tố hoạt động yếu và thụ động: K_x = 0,0n và nhỏ hơn.

Sự hoạt động của các nguyên tố theo các nhóm:

- Các nguyên tố rất hoạt động như: S, Cl (Br, I).
- Các nguyên tố hoạt động và hoạt động dễ dàng: Li, Na, Mg, Ga, Sr, F, B trong borat.
- Các nguyên tố hoạt động và hoạt động yếu: K, Si, P (Rb, Ce, Te, B trong silicat).
- Các nguyên tố hoạt động và hoạt động yếu trong môi trường oxy hoá và thụ động trong môi trường khử là: C, Cr, Mo, U, Ni, Cu, Zn, Cd, Rd (Ge, R, Ag, Au, Se, Hg).
- Các nguyên tố hoạt động và hoạt động yếu trong môi trường khử và thụ động trong môi trường oxy hoá là: Fe, Mn, Co.
- Các nguyên tố hoạt động yếu và thụ động là: Al, Ga, Ti, Sc, Y, Th, Sr, Hg, Ni, Ta, W, nhóm platin, Sr, In, (Be, Li, As, Sb, Te).

7.3. CÁC LOẠI VPT. ĐỊA HOÁ THỨ SINH

7.3.1. Vành phân tán muối

VPT muối thành tạo do sự hoà tan các vật chất trong thân khoáng hay trong các VPT địa hoá nguyên sinh bởi các tác dụng bên ngoài, chủ yếu là nước ngầm. VPT này chủ yếu được thành tạo trong thổ nhưỡng, nhưng có cả trong phần trên của đá gốc.

Tuỳ điều kiện địa hình và khí hậu mà các nguyên tố kim loại tập trung ở những vị trí khác nhau.

7.3.2. Vành phân tán thuỷ địa hoá

Nhiều khoáng vật dễ hoà tan trong nước và các sản phẩm đó được nước mang đi dưới dạng dung dịch thật hay dung dịch keo, một phần gặp điều kiện thuận lợi tích đọng lại trong các đá trên đường di chuyển, một phần hoà tan được nước mang đi. Các nguồn nước ở gần các mỏ hay chảy qua thân quặng chứa nhiều ion kim loại, tạo nên một VPT gọi là *vành phân tán thuỷ địa hoá hay vành phân tán nước.*

Những sunfat có độ hoà tan lớn thường có mặt trong vành phân tán nước, còn những sunfat hoà tan yếu thì hàm lượng trong VPT đó nhỏ hơn.

Ví dụ: Độ hoà tan của $ZnSO_4$: 531,2 g/l; $CuSO_4$: 172 g/l

$MnSO_4$: 392 g/l; $PbSO_4$: 0,041 g/l

Trong các môi trường khác nhau, các ion cũng được kết tủa theo những mức độ khác nhau.

Độ pH của môi trường để bắt đầu kết tủa các hydroxyt trong các dung dịch như sau: Fe^{+3} : 2; Cu^{+2} : 5,3; Zn^{+2} : 7; Mg^{+2} : 10,5...

Độ pH để bắt đầu kết tủa carbonat theo I. Ginxbua như sau: Mg: 10,5; Mn: 8,7; Zn: 5,7; Cr: 5,3; Al: 4,2; Th: 3,4... Độ pH để bắt đầu kết tủa silicat là: Ca: 10,1; Mg: 9,5; Mn: 7,4; Zn: 5,25; Al: 4,0; Th: 3,5...

Các nguyên tố cộng sinh trong VPT nước của một số kiểu mỏ khác nhau được giới thiệu trên bảng 7.5

Bảng 7.5. Cộng sinh nguyên tố trong VPT nước của các kiểu mỏ khác nhau (theo G. A. Goleva, 1969)

Các kiểu mỏ	Cộng sinh nguyên tố trong VPT trên mỏ	
	Môi trường oxy hoá mạnh	Môi trường oxy hoá yếu
Konchedan - đồng	Cu, Zn, Pb, As, Co, Ni, Mn, Cl, Se, Ge, Ag, Fe, Al	Pb, Zn, Cu, As, Ge, Se
Đa kim	Pb, Zn, Cu, As, Mo, Ni, Co, Ag, Cd, Sb, Se, Ge, Bi	Pb, Zn, As, Mo, Ni, Ge
Molibden	Mo, W, Pb, Zn, Cu, Be, F, Li, Mn	Mo, Pb, Zn, F, As, Li
Wonfram - beryl	W, Mo, Zn, Cu, As, F, Li, Be, Rb, Mn	W, Mo, F, Li, As
Thuỷ ngân - antimon	Hg, Sb, As, Zn, F, B, Se, Cu, Pb	Hg, Sb, As, Zn
Đồng - nikel	Ni, Cu, Zn, Ce, Ag, Ba, Sb, U	Ni, Pb, Zn, Ba
Đa kim - baryt	Ba, Cu, Pb, Zn, As, Sr, Mo, Ag	Ba, Sr, As, Mo, Zn, Pb

7.3.3. Vành phân tán sinh vật

Trong quá trình sống, sinh vật hấp thụ những vật chất xung quanh để nuôi chúng, đặc biệt là cây cỏ. Quan hệ cây cỏ và môi trường nuôi chúng như thổ nhưỡng, nước đã được xác định từ lâu.

Sự tăng cao hàm lượng của một số nguyên tố trong cây cỏ ở một vùng nào đó, tạo nên các VPT *sinh địa hoá.*

Theo S. M. Tkalit hàm lượng của một số nguyên tố trong tro cây cao hơn trong thổ nhưỡng như S, P, Bo, Mo, K, Cl, Br, I, Mg, Zn, Cu, Co, Mn, Li, Te,... Nhưng có một số nguyên tố lại thấp hơn như: Fe, Ba, Ni, Pb, Al, Ti,...

Hàm lượng một số kim loại trong cây mọc trên mỏ thường cao hơn hẳn trong cây mọc ở những nơi không có mỏ.

7.3.4. Vành phân tán khí

Có một số mỏ khoáng tạo ra các VPT khí. Đó là các mỏ chứa các chất hữu cơ như dầu, khí đốt, đá dầu, một số khoáng sản rắn như urani, radi, thori, thuỷ ngân, arsen, sunfur...

VPT khí thành tạo trong lớp không khí gần mặt đất, nhất là trong lớp không khí của thổ nhưỡng trong các nứt nẻ, lỗ hổng của đá gốc, trong các đới dập vỡ kiến tạo hay thoát ra từ các đứt gãy.

Vật chất phân tán thường là các nguyên tố, đôi khi là các khoáng vật hay hợp chất bay hơi và bốc mùi.

Theo V. Phushov (1971), thuỷ ngân có thể tạo ra những dị thường khí với hàm lượng 30.10^{-9} - 50.10^{-9} mg/l, trong khi hàm lượng nền chỉ 10^{-9} - 20.10^{-9} mg/l. Các nguyên tố như S, As, Hg, Cl... thường hay đi với các nguyên tố khác trong quặng nên có thể dùng nó để tìm kiếm các loại quặng khác nhất là các mỏ nhiệt dịch.

Chương VIII

VẾT LỘ THÂN KHOÁNG

Vết lộ là nơi thân khoáng lộ ra trên mặt đất một cách tự nhiên hay do tác động của con người.

Có vết lộ rất dễ nhận biết. Đó là những vết lộ có độ tập trung cao, phân bố rộng, bền vững hay ít biến đổi như sắt, mangan, cromit... hoặc những khoáng vật dễ nhận biết bằng màu như than, grafit, talc, mạch thạch anh chứa quặng...

Có những loại vết lộ khó nhận biết, chủ yếu là các loại vết lộ chứa các khoáng vật dễ bị biến đổi trong điều kiện tự nhiên như các khoáng vật sunfur.

8.1. CÁC LOẠI VẾT LỘ

8.1.1. Loại thứ nhất

Vết lộ chứa các khoáng vật ít bị biến đổi trong đới oxy hoá như oxyt và hydroxyt của sắt, mangan, bauxit, casiterit...

Đối với wonframit và sheelit, phần lớn vững bền. Chỉ đôi khi chúng bị bao phủ một màng mỏng tungstit ($WO_3.nH_2O$) hay các oxyt khác thì bị rữa ra.

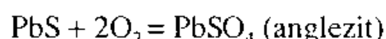
Ngoài ra có một số khoáng vật rất vững bền như vàng tự sinh, platin, kim cương, kinova không bị biến đổi về hoá học.

8.1.2. Loại thứ hai

Gồm những khoáng vật quặng không vững bền. Chúng biến đổi thành những khoáng vật thứ sinh bền vững trong đới oxy hoá và nằm ngay tại vết lộ.

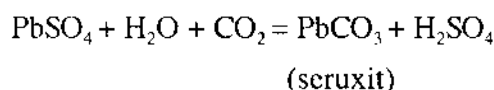
Điển hình là các mỏ chì, antimon, bismut, quặng sắt và mangan dạng carbonat...

Ví dụ: chì - khoáng vật điển hình là galenit. Nó bị tác dụng của oxy để tạo thành anglezit:



$$PbS + 2O_2 = PbSO_4 \text{ (anglezit)}$$

Anglezit không bền, bị hoà tan dưới tác dụng của nước giàu khí carbonic để thành tạo seruxit vững bền:



$$PbSO_4 + H_2O + CO_2 = \underset{\text{(seruxit)}}{PbCO_3} + H_2SO_4$$

Seruxit hoà tan rất yếu, ở điều kiện 18^0C chỉ đạt 0,001g/l, nên nói chung vững bền trong điều kiện ngoại sinh.

Ngoài ra nikel, bismut, antimon, … cũng thuộc loại đó.

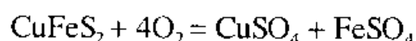
8.1.3. Loại thứ ba

Gồm các khoáng vật dễ bị biến đổi và các vật chất được mang khỏi vết lộ. Thuộc về loại này là vết lộ của mỏ kẽm, đồng, nikel, coban, molibden.

Ví dụ đối với đồng:

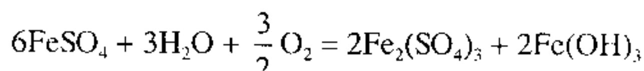
Khoáng vật phổ biến nhất là cancopyrit

Nó bị thay đổi rất nhanh bởi tác dụng của oxy và tạo thành sunfat sắt và sunfat đồng.



$$CuFeS_2 + 4O_2 = CuSO_4 + FeSO_4$$

Cả hai sunfat đều hoà tan và chịu những biến đổi khác nhau. Sunfat sắt hai trở thành sunfat sắt ba nhờ tác dụng của nước giàu oxy tự do:



$$6FeSO_4 + 3H_2O + \frac{3}{2}O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2Fe(OH)_3$$

Sau đó thành limonit $2Fe(OH)_3 \leftrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$. Limônít vững bền ở lại phía trên các thân quặng sunfur tạo ra mũ sắt.

Các quá trình tiếp diễn rất phức tạp, ví dụ:

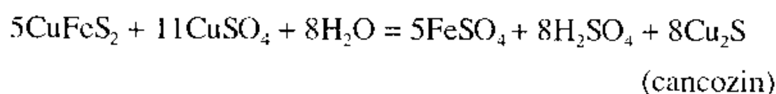


$$CuFeS_2 + 2Fe_2(SO_4)_3 = CuSO_4 + 5FeSO_4 + 2H_2SO_4$$



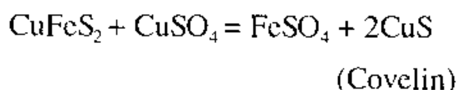
$$CuFeS_2 + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + FeSO_4 + 2H_2S$$

Như vậy, cancopyrit bị hoà tan rất nhanh theo nhiều quá trình để thành tạo sunfat, sunfur thứ sinh như cancozin, covelin, và nhiều khoáng vật khác:



$$5CuFeS_2 + 11CuSO_4 + 8H_2O = 5FeSO_4 + 8H_2SO_4 + 8Cu_2S$$

(cancozin)



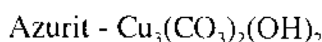
$$CuFeS_2 + CuSO_4 = FeSO_4 + 2CuS$$

(Covelin)

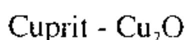
Thành phần khoáng vật chủ yếu trong đới oxy hoá của đồng là:



Malachit - $Cu_2(OH)_2CO_3$



Azurit - $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$



Cuprit - Cu_2O



Crizocon - $CuSiO_3.nH_2O$…

Ngoài ra còn có tenorit (CuO), cancantit ($CuSO_4.5H_2O$), broxantit ($4CuSO_4.3H_2O$), cancozin (Cu_2S), đồng tự sinh và những khoáng vật khác.

8.1.4. Loại thứ tư

Đó là vết lộ có những kim loại tích tụ trong đới oxy hoá, nhưng chúng không đặc trưng cho quặng nguyên sinh.

Ví dụ, trong đới oxy hoá của mỏ chì, đôi khi được tích đọng molibden và vanadi dưới dạng vunfenit ($PbMoO_4$) và vanadinit $Pb_5Cl(VO_4)_3$.

Có nơi hàm lượng của những loại này khá cao đạt đến phần ngàn hay có khi tới 1%, nghĩa là có thể có ý nghĩa công nghiệp. Nhưng trong quặng nguyên sinh của chì thì hàm lượng của chúng rất thấp.

Quá trình biến đổi của các khoáng vật trong điều kiện ngoại sinh rất phức tạp. Trên đây chỉ nêu một số ví dụ đơn giản nhất. Vì thế trong đới ôxy hoá của mỏ đôi khi có hàng chục khoáng vật thứ sinh.

8.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VẾT LỘ

- Xác định vị trí của vết lộ;

- Lấy mẫu thạch học, khoáng tướng để xác định thành phần khoáng vật của đá và quặng cũng như cấu tạo và kiến trúc của chúng.

- Nghiên cứu đặc điểm về hình dạng, kích thước và những biến đổi về cơ học và hoá học của đá và quặng.

- Lấy mẫu quang phổ và hoá học để xác định hàm lượng của quặng.

- Xác định thành phần khoáng vật của đá và quặng bằng mắt thường hay lấy mẫu lát mỏng, khoáng tướng để xác định dưới kính cũng như nghiên cứu cấu tạo kiến trúc.

- Nghiên cứu cấu tạo chỉ thị của limonit và giả hình khoáng vật trong đới oxy hoá.

- Nghiên cứu cấu trúc địa chất của vết lộ và điều kiện tạo quặng.

Chương IX

CÁC HIỆN TƯỢNG BIẾN ĐỔI NHIỆT DỊCH

9.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Dưới tác động của magma, biến chất, kiến tạo và dung dịch nhiệt dịch các đá thường bị biến đổi về thành phần và cấu tạo, kiến trúc. Tính chất và cường độ các biến đổi phụ thuộc vào tính chất và quy mô các hoạt động cũng như thành phần và tính chất của đá vây quanh và dung dịch gây ra sự biến đổi.

Các hiện tượng biến đổi nhiệt dịch có thể thành tạo ở nhiệt độ , hoàn cảnh địa chất khác nhau và liên quan với những nhóm mỏ nhất định.

Xin nêu một số hiện tượng phổ biến và quan trọng nhất.

9.2. SKARN

Skarn là một loại đá biến chất trao đổi bao gồm các khoáng vật silicat và alumosilicat của sắt, magiê, canxi, được thành tạo do quá trình biến chất tiếp xúc trao đổi ở nhiệt độ cao giữa magma axit và trung tính với đá vây quanh, thường là carbonat.

9.2.1. Các tướng trong skarn

Tuỳ theo nhiệt độ thành tạo có thể phân biệt các tướng:

- Volastonit - plagiocla (không có grosule) thành tạo ở nhiệt độ 750 - 800^{0}C.
- Pyroxen - granat - volastonit: 550 (600) - 750 (800)^{0}C.
- Pyroxen - granat (không có volastonit): 500 - 550^{0}C.
- Granat - epidot: 400 (450) - 500^{0}C.
- Pyroxen - epidot 350: (400) - 400 (450)^{0}C.

9.2.2. Thành phần khoáng vật

Tuỳ điều kiện địa chất phân biệt ba loại skarn:

+ *Skarn canxi* được thành tạo do sự tiếp xúc giữa magma axit trung bình với đá vôi. Thành phần chủ yếu gồm:

- Silicat: điopxit, hedenbecgit, anđrađit, grosule, volastonit, scapolit.
- Hydrosilicat: amphibol, vezuvian, epidot, clorit.
- Oxyt: magnetit, hematit, thạch anh.

- Sunfur: pyrit, pyrotin, cancopyrit, sphalerit, galenit, molibdenit, arsenopyrit...

- Khoáng vật đơn giản: canxit, fluorit, barit.

+ *Skarm magne* được thành tạo khi đá vây quanh là đolomit hay đá vôi - đolomit.

Thành phần gồm:

- Silicat: điopxit, hedenbecgit, anđrađit, grosule, forterit.

- Hydrosilicat: serpentin, amphibol, flogopit, cloritoit...

- Borat: luvigit, cotoit.

- Oxyt: magnetit, hematit, spinel, thạch anh.

- Sunfur: pyrit, pyrotin, cancopyrit, sphalerit.

- Các khoáng vật đơn giản: canxit, magnezit.

+ *Skarn silicat:* được thành tạo do sự tiếp xúc giữa các xâm nhập granit với các đá silicat như porphyrit, porphyr, anbitophyr...

Ngoài một số khoáng vật chính trong nhóm pyroxen, granat và khoáng vật quặng, trong thành phần còn có khoáng vật rất đặc trưng là scapolit.

Các tổ hợp cộng sinh khoáng vật: được B. F. Zlenco nêu ra trong bảng 9.1.

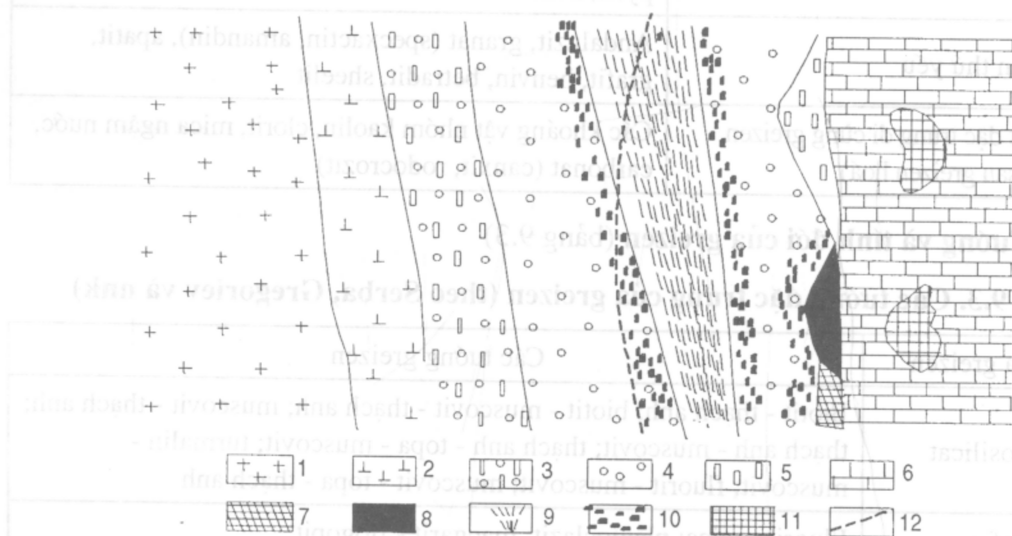
Bảng 9.1. Các tổ hợp CSKV trong skarn (theo B. F. Zlenco)

Số TT	Các tổ hợp	Thành phần khoáng vật
1	Pyroxen - scapolit	Pyroxen, scapolit, plagiocla, sfen, apatit
2	Pyroxen - granat	Pyroxen, plagiocla, granat, sfen, apatit, sheelit
3	Granat - magnetit	Granat, magnetit, hematit, apatit, pyroxen
4	Epidot	Epidot, ortit, thạch anh, canxit, pyrit, cancopyrit
5	Ferohactinxit - molibdenit cancopyrit	Ferohactinxit, ortit, molibdenit, apatit, pyrotin, pyrit, cancopyrit, sphalerit, cubanit, valenrit
6	Telur vàng	Jozeit, tetradimit, telur bismutil, cancopyrit, calaverit, vàng tự sinh, stebegit, hecxit, melonit, klokinanit
7	Pyrit - macazit	Macazit, pyrit, magnetit, hematit
8	Anbit - premit	Anbit, prenit, clorit
9	Arsenopyrit - đatolit	Fluorit, actinolit - tremolit, arsenopyrit, cubanit, pyrotin, bismutin, bismufin tự sinh, cancopyrit, sphalerit, casiterit, stanin.
10	Galenit - sphalerit	Hecdocfit, pyrit, muscovit, bornit, galenit, sphalerit, cancopyrit, fluorit.
11	Barit	Barit, galenit, thạch anh, canxit
12	Carbonat	Epidot, prenit, ananxim, clorit, hematit, pyrit, fluorit, canxit, thạch anh.

9.2.3. Tính chất skarn

Skarn được hình thành trong phạm vi khối xâm nhập gọi là "skarn trong" và ở đá vây quanh gọi là "skarn ngoài".

Tính phân bố đới của skarn còn quan sát cụ thể hơn, ví dụ tính phân đới của mỏ skarn Frôlôvski theo L. Övsinhicôv được giới thiệu trên hình 9.1.



Hình 9.1: Mặt cắt qua thân skarn ở mỏ Frolopxki (theo L. Ovsinhicov)

1. Diorit thạch anh; 2. Diorit gần skarn; 3. Skarn pyroxen granat; 4. Skarn granat; 5. Skarn xalit; 6. Đá vôi hoa hoá; 7. Quặng magnetit; 8. Quặng cancopyrit; 9. Quặng cancopyrit dạng dải; 10. Quặng cancopyrit xâm tán trong skarn granat; 11. Quặng cancopyrit trong đá vôi; 12. Vị trí tiếp xúc ban đầu.

9.2.4. Các dạng thân quặng trong mỏ skarn

Hình dạng thân quặng trong mỏ skarn rất phức tạp như dạng vỉa, thấu kính, dạng mạch, mạch phân nhánh, dạng ngọn lửa phức tạp, dạng ổ hay dạng kết hợp ổ, mạch, dạng xâm tán.

9.2.5. Ý nghĩa của skarn hoá trong công tác tìm kiếm

Các mỏ chủ yếu liên quan với skarn: đa kim, wonfram, vàng, thiếc, molibđen.

9.3. GREIZEN HOÁ

Theo D. V. Rundkviet và I. V. Pavlov, greizen là một loại đá biến chất trao đổi, xuất hiện do những biến đổi sau magma của các xâm nhập, phun trào hay biến chất. Thành phần chủ yếu là thạch anh, mica (topa, fluorit, turmalin), casiterit, molibdenit, wonframit, bismutin, hematit, pyrit...

9.3.1. Thành phần greizen (bảng 9.2)

Bảng 9.2. Thành phần khoáng vật greizen (theo Rundkvict và Pavlov)

Thành phần tạo khoáng đặc trưng	Thạch anh, topa mica, muscovit, xinvandit, protolionit, biotit, siderofilit, microclin, anbit, fluorit
Thành phần đặc trưng, ít phổ biến hơn	Casiterit, beril, molibdenit, wonframit, bismutin, pyrit, hematit
Thành phần thứ yếu	Andaluzit, granat (specxactin, amandin), apatit, grafit, henvin, betradit, sheelit
Khoáng vật đặc trưng đi cùng greizen (xuất hiện sau greizen hoá)	Các khoáng vật nhóm kaolin, clorit, mica ngậm nước, carbonat (canxit, rodocrozit)

9.3.3. Tướng và tính đới của greizen (bảng 9.3)

Bảng 9.3. Các tướng đặc trưng của greizen (theo Serba, Gregoriev và nnk)

Đá chứa greizen	Các tướng greizen
Alumosilicat	Biotit - thạch anh; biotit - muscovit - thạch anh; muscovit - thạch anh; thạch anh - muscovit; thạch anh - topa - muscovit; turmalin - muscovit; fluorit - muscovit; muscovit - topa - thạch anh
Mafic	Fluorit - mica; plagioclazit; macgarit - flogopit
Carbonat	Mica - fluorit; topa - fluorit; turmalin - fluorit; microclin - fluorit.

9.3.4. Ý nghĩa của greizen

Theo N. I. Nacovnhic, trong các mỏ liên quan với greizen thì thiếc chiếm 62,5%, thiếc - wonfram: 18,8%, Wonfram: 15,5%, molibden gần 3,5%, các mỏ khác rất ít và chỉ đi kèm với các khoáng sản trên.

9.4. SERIXIT HOÁ

9.4.1. Thành phần

Thành phần của đá serixit hoá là serixit loại vảy mịn và dạng sợi của mica không màu. Ngoài ra còn có thạch anh, carbonat, clorit, turmalin, rutil và leucocxen.

9.4.2. Các loại serixit hoá

Hiện tượng serixit hoá liên quan với nhiều quá trình:

- Serixit hoá trong biến chất khu vực: Thường gặp dưới dạng đá phiến serixit hay các đá chứa serixit khác.

Chúng phân bố trong một phạm vi rất rộng, trong những tầng địa tầng nhất định, phân bố đều và ít có sự thay đổi về thành phần khoáng vật.

- Serixit hoá trong biến chất động lực: được xảy ra do hoạt động kiến tạo, phân bố trong những đới hẹp, đới bị ép, bị cà nát dọc theo các đứt gãy.

- Serixit hoá nhiệt dịch: thường liên quan với những khoáng hoá nhiệt độ trung bình.

Có thể phân biệt với các nguồn khác theo các dấu hiệu như sau:

1 - Serixit hoá nhiệt dịch thường phân bố trong một phạm vi hẹp.

2 - Có cường độ mạnh hơn, càng mạnh khi càng gần nguồn nhiệt dịch.

3 - Hay đi với các biến đổi khác như clorit hoá, thạch anh hoá và thường có cấu trúc đới.

4 - Có các khoáng vật nhiệt dịch khác như fluorit, turmalin, barit, pyrit, và các sunfur khác. Đặc biệt luôn luôn có mặt pyrit.

9.4.3. Mối liên quan với tạo quặng

Serixit hoá liên quan với các mỏ nhiệt dịch nhiệt độ trung bình, nhất là đồng, chì - kẽm, vàng, bismut, đa kim và molibden.

9.5. CLORIT HOÁ

9.5.1. Quá trình thành tạo

Clorit hoá có trong biến chất khu vực và biến chất động lực, nhưng có ý nghĩa cho công tác tìm kiếm là clorit hoá trong biến chất nhiệt dịch.

Clorit hoá nhiệt dịch phát triển trong các đá xâm nhập axit, mafic, gneis, và đá phiến biến chất, đá phiến sét và cát kết, ít khi gặp trong các đá thuần tuý thạch anh và carbonat.

Chúng phát triển ưu thế trong đá filit, đá phiến sét và cát kết acko, trong các đá có hàm lượng alumosilicat cao.

9.5.2. Thành phần

Thành phần chủ yếu là các khoáng vật nhóm clorit. Ngoài ra luôn luôn có mặt thạch anh, serixit , biotit, amphibol, turmalin, granat và carbonat.

D. M. Silin và P. V. Ivanov phân biệt 5 TH CSKV điển hình :

1 - Thạch anh - clorit.

2 - Thạch anh - clorit - serixit.

3 - Thạch anh - clorit - biotit.

4 - Thạch anh - clorit - turmalin.

5 - Thạch anh - clorit - carbonat.

9.5.3. Dấu hiệu tìm kiếm và ý nghĩa

Trong tìm kiếm cần phân biệt clorit nhiệt dịch và clorit trong biến chất khu vực.

- Clorit biến chất khu vực phát triển trong một phạm vi rộng , thành phần thường là penin xếp song song với cấu tạo phân lớp của đá phiến, không có ý nghĩa trong tìm kiếm.

- Clorit hoá nhiệt dịch hay đi với các hiện tượng khác như serixit hoá, thạch anh hoá, propylit hoá...

- Thành phần thường thay đổi, có khi rất phức tạp; clinoclor, amphigorit, amezit, proclorit, repidolit, afrosiderit.

- Cường độ clorit hoá không đều, thường là những ổ, những dải tập trung gồm các vảy tương đối lớn nằm trong đám kết tinh hạt mịn hơn.

Mối quan hệ giữa clorit với khoáng sản liên quan:

- Đi với clorit sắt loại turingit và afrosiderit thường có mỏ sunfur casiterit.

- Đi với clorit magne và sắt như repidolit hay gặp các mỏ sunfur đồng và vàng.

- Đi với clorit magne như penin, clinoclor, proclorit thường có mỏ chì, chì - kẽm và đồng - kẽm.

9.6. THẠCH ANH HOÁ

Có thể phân ra 3 loại:

9.6.1. Đá sừng

Đá sừng thường phát triển ở đới tiếp xúc ngoài của các khối xâm nhập granit, nhất là ở chỗ tiếp xúc với các đá vây quanh như đá phiến, cát kết hạt mịn.

Tuỳ theo thành phần và nguồn gốc ban đầu có thể phân chia ra các nhóm đá sừng nguồn gốc sét, nguồn gốc cát kết, bột kết...

9.6.2. Đá vôi thạch anh hoá

Được thành tạo do sự tiếp xúc giữa đá vôi với các đá magma axit và trung tính. Magma cung cấp SiO_2 cho đá vôi, mà không có hiện tượng trao đổi thành phần nguyên tố như trong hiện tượng skarn.

9.6.3. Quarzit thứ sinh

Quarzit thứ sinh là những thành hệ đá biến đổi nhiệt dịch. Thành phần chính là: thạch anh, serixit, kaolinit, andaluzit, diaspo, pyrofilit. Thứ yếu là rutil, turmalin và một số khoáng vật quặng.

Quarzit thứ sinh và các mỏ đi với chúng thường có cấu trúc đới. E. V. Puscov (1970) đã giới thiệu một cấu trúc đới trong đá trầm tích phun trào, từ trên xuống như sau:

1 - Đới quarzit thứ sinh chứa ditkit.

2 - Quarzit thứ sinh có alunit.

3 - Quarzit thứ sinh có alunit và serixit.

4- Quarzit thứ sinh có serixit.

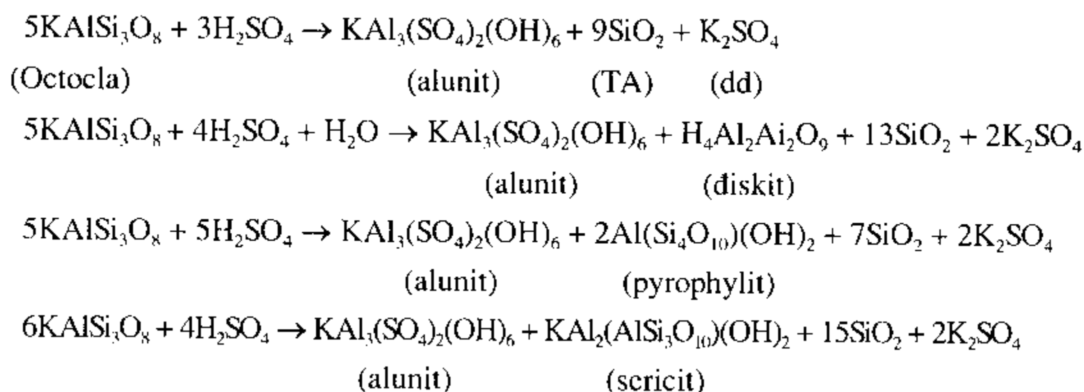
Ông cũng đưa ra các tổ hợp CSKV trong quarzit thứ sinh:

- Đitkit - thạch anh - hematit.
- Alunit - thạch anh - hematit - vàng.
- Alunit - serixit - thạch anh - pyrit - cancopyrit - bornit - covelin.
- Serixit - thạch anh - cancopyrit - đồng xám - cancozin.

Liên quan với quarzit thứ sinh có các mỏ: đồng, đồng - molibden, molibden. Đi với các thể phân dị magma mafic trong thành hệ spilit - keratophyr có mỏ konchedan của đồng, pyrit đôi khi có đa kim, vàng. Liên quan với andezit có sunfur kim loại của Cu, Mo, Pb, Zn, Au, Ag, Hg. Đi với các đá phun trào axit như ryolit trong các thành hệ porphyr có thiếc, wonfam…

Quá trình biến đổi quarzit thứ sinh rất phức tạp, chỉ nêu một ví dụ biến đổi từ octocla:

Nếu ở nhiệt độ 200^0C, octocla có quá trình biến đổi như sau:



$$5KAlSi_3O_8 + 3H_2SO_4 \rightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + 9SiO_2 + K_2SO_4$$

(Octocla) (alunit) (TA) (dd)

$$5KAlSi_3O_8 + 4H_2SO_4 + H_2O \rightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + H_4Al_2Ai_2O_9 + 13SiO_2 + 2K_2SO_4$$

(alunit) (điskit)

$$5KAlSi_3O_8 + 5H_2SO_4 \rightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + 2Al(Si_4O_{10})(OH)_2 + 7SiO_2 + 2K_2SO_4$$

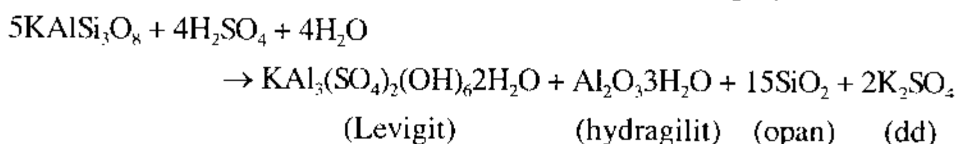
(alunit) (pyrophylit)

$$6KAlSi_3O_8 + 4H_2SO_4 \rightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 + KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2 + 15SiO_2 + 2K_2SO_4$$

(alunit) (sericit)

Đối với các felspat khác và ở nhiệt độ khác nhau sẽ tạo ra các phản ứng và sản phẩm khác nhau. Ví dụ:

- Ở nhiệt độ < 200^0 C tạo thành TA hoặc opan và các khoáng vật khác:



$$5KAlSi_3O_8 + 4H_2SO_4 + 4H_2O$$

$$\rightarrow KAl_3(SO_4)_2(OH)_6 2H_2O + Al_2O_3 3H_2O + 15SiO_2 + 2K_2SO_4$$

(Levigit) (hydragilit) (opan) (dd)

9.7. PROPYLIT HOÁ

9.7.1. Quá trình thành tạo

Propylit hoá là quá trình biến chất trao đổi của các đá núi lửa chủ yếu là mafic và trung tính trong điều kiện độ sâu nhỏ và trung bình dưới tác dụng của dung dịch nhiệt dịch giàu CO_2 và S.

Quá trình này liên quan với các xâm nhập granit nông xảy ra muộn hơn so với các phức hệ núi lửa vây quanh hoặc các dạng á núi lửa.

Propylit hoá thường được thể hiện trong một diện tích lớn và diễn ra trước quá trình rữa lũa axit mạnh tạo ra các đá có thành phần chủ yếu là thạch anh, thạch anh - alunit,

thạch anh - hydromica. Do vậy, propylit hoá được thay thế bởi serixit hoá, kaolinit hoá, thạch anh hoá và tiếp sau là quá trình tạo quặng.

9.7.2. Thành phần khoáng vật

Thành phần chủ yếu: anbit, actinolit, epidot, clorit, adule, serixit, thạch anh, carbonat, pyrit, leucocxen, rutil, zeolit...

9.7.3. Tướng và tổ hợp cộng sinh khoáng vật

Tuỳ độ sâu thành tạo mà có các TH. CSKV và tướng khác nhau.

- Tướng sâu (1,5 - 3km): TH CSKV thành tạo ở nhiệt độ trung bình (mức epidot - actinolit) đến nhiệt độ thấp (mức canxit - anbit).

- Tướng á núi lửa (0,8 - 1,5km): TH CSKV ở nhiệt độ thấp, nhưng đôi khi có epidot và actinolit.

- Tướng gần mặt đất (0,3 - 0,8km) gồm các khoáng vật ở nhiệt độ thấp. Trên mặt thường gặp acgilit và opan hoá.

9.7.4. Khoáng sản liên quan

Liên quan với nhiều mỏ nhiệt dịch như: Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Mo, As, Sb, Hg, đặc biệt là quặng Au, Ag, Cu và đa kim.

Trong công tác tìm kiếm cần phân biệt hai nhóm tạo quặng:

- Tạo quặng sau propylit hoá.

- Tạo quặng cùng propylit hoá, có hai kiểu:

+ Cùng phun trào: có các mỏ konchedan sunfur.

+ Sau phun trào: có các mỏ konchedan sunfur được thành tạo khi propylit hoá khu vực trong các tầng núi lửa do các xâm nhập sau đó gây ra.

9.7.5. Mối quan hệ với các hiện tượng khác

Trong vùng có đá phun trào mafic và trung tính thường gặp quarzit thứ sinh, argilit hoá, clorit hoá, epidot hoá... nhất là phát triển các đá biến chất khu vực trong "thành hệ màu lục".

Có thể phân biệt theo một số dấu hiệu sau:

1 - Trường propylit hoá thường hẹp, còn biến chất khu vực xảy ra trong một vùng rộng lớn có khi tới hàng ngàn km^2.

2 - Trong propylit hoá thường có các THCSKV: clorit - canxit; clorit - epidot, clorit - epidot artinolit.

3 - Phân biệt với các đá trong "tướng màu lục", propylit hoá đặc trưng bởi hiện tượng adule hoá.

4 - Trong quá trình propylit hoá, độ axit tăng lên theo thời gian, biểu hiện vai trò của thạch anh, hydromica và pyrit trong các THCS muộn của propylit.

9.8. CÁC HIỆN TƯỢNG BIẾN ĐỔI KHÁC

Ngoài các hiện tượng trên, còn gặp nhiều hiện tượng biến đổi khác, nhưng ít ý nghĩa hơn hoặc ít phổ biến hơn như:

- Đolomit hoá, canxit hoá xảy ra trong đá carbonat.

- Turmalin hoá trong các đá có thành phần alumosilicat. Nó đặc trưng cho các mỏ nhiệt dịch của thiếc, wonfram, molibden và vàng.

- Kaolinit hoá là loại đá biến đổi nhiệt dịch tạo thành các khoáng vật của nhóm kaolin như kaolinit, diskit, nacrit.

Hay đi cùng với hiện tượng này như serixit hoá, thạch anh hoá, và đi với các mỏ nhiệt dịch độ thấp của đồng, chì - kẽm, antimon, thuỷ ngân, fluorit.

- Trong đá siêu mafic thường có serpentinit hoá, talc hoá... Bản thân quá trình đó tạo ra các mỏ phi kim loại: serpentin, atbet, talc...

- Trong các đá phun trào như andezit, bazan, trachit, đaxit, ryolit, có alunit hoá, barit hoá, fluorit hoá, hematit hoá, anbit hoá... và có mối liên quan với tạo quặng nhất định.

Trong cùng một điều kiện địa chất đôi khi gặp vài ba hiện tượng biến đổi và cùng liên quan với một số khoáng sản nhất định và tạo thành các đới gồm các TH CSKV khác nhau.

Vì vậy, nghiên cứu các hiện tượng biến đổi nhiệt dịch có ý nghĩa rất lớn trong công tác tìm kiếm.

Phần IV
CÁC PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM

ChươngX
PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM

Người ta đã dùng nhiều phương pháp tìm kiếm khác nhau, từ cổ điển đến rất hiện đại. V. M. Crâyche phân chia ra các nhóm tìm kiếm sau:

- Các phương pháp tìm kiếm trên mặt đất.
- Các phương pháp tìm kiếm bằng máy bay.
- Các phương pháp dưới nước.

V. V. Aristov, chia ra các nhóm theo tính chất trường, dị thường và các nhóm theo điều kiện áp dụng: vũ trụ, hàng không, mặt đất, dưới nước. Trong mỗi nhóm lại chia ra các phương pháp địa chất, địa chất - khoáng vật, địa hoá, địa vật lý và khai đào.

Theo chúng tôi, cơ sở khoa học của các phương pháp tìm kiếm khoáng sản rắn là các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm.

Dựa trên nguyên tắc đó, chúng tôi phân chia các nhóm, các phương pháp cụ thể và mối liên quan giữa chúng. Cách phân loại đó được giới thiệu trên bảng 10.1.

Có thể dựa vào dấu hiệu tìm kiếm, để làm cơ sở trực tiếp cho các phương pháp tìm kiếm. Mỗi phương pháp tìm kiếm dựa vào một hay vài dấu hiệu tìm kiếm hay ngược lại một dấu hiệu tìm kiếm có thể là cơ sở địa chất cho hai phương pháp tìm kiếm.

Mỗi phương pháp tìm kiếm có cơ sở địa chất (các dấu hiệu) và thiết bị, nguyên tắc đo khác nhau.

Ví dụ, phương pháp từ dựa trên cơ sở các dị thường từ trong đá và quặng, nguyên tắc đo và thiết bị đo như nhau... Nhưng đo từ có thể thực hiện trên bộ, trên ôtô, trên máy bay, đo từ vệ tinh nhân tạo, đo trên tàu thuỷ tàu ngầm hay các phương tiện khác, vì thế không nên coi đó là các phương pháp khác nhau: như tìm kiếm trên mặt đất, máy bay, phương pháp dưới nước. Các phương pháp khác cũng vậy.

Bảng 10.1. Phân loại các phương pháp tìm kiếm (theo Đặng Xuân Phong, 2002)

Nhóm các phương pháp tìm kiếm	Cơ sở của các phương pháp tìm kiếm		Các phương pháp tìm kiếm
	Tiền đề tìm kiếm	Dấu hiệu tìm kiếm	
Các phương pháp địa chất và khoáng vật	Các tiền đề: địa tầng, tướng đá, kiến trúc, magma, địa mạo	1. Các dấu hiệu địa chất (nói chung)	1. Vẽ bản đồ địa chất
		2. Vết lộ thân khoáng 3. Hiện tượng biến đổi xung quanh thân khoáng 4. Dấu vết công trình và bãi thải cũ	2. Nghiên cứu vết lộ và quan sát mắt thường
		5. Vành phân tán tảng lăn	3. Tảng lăn
		6. Dấu hiệu địa mạo 7. Vành phân tán khoáng vật nặng	4. Trọng sa
		8. Vành khoáng vật trong quặng và đá	5. Giã đãi nhân tạo
Các phương pháp địa hoá	Tiền đề địa hoá	9. Vành phân tán địa hoá nguyên sinh	6. Kim lượng nguyên sinh
		10. Vành phân tán địa hoá thứ sinh	7. Kim lượng thứ sinh
		11. Dòng phân tán	8. Bùn đáy
		12. Vành phân tán thuỷ địa hoá	9. Thuỷ địa hoá
		13. Vành phân tán thuỷ địa hoá phóng xạ	10. Thuỷ địa hoá phóng xạ
		14. Vành phân tán sinh địa hoá	11. Sinh địa hoá
		15. Dấu hiệu thực vật	12. Địa thực vật
		16. Vành phân tán khí	13. Vẽ bản đồ phân bố khí
		17. Vành phân tán khí phóng xạ	14. Êman
Các phương pháp địa vật lý	Tiền đề địa chất và trường địa vật lý	18. Dị thường từ	15. Đo từ
		19. Dị thường điện	16. Đo điện
		20. Sự khác nhau về trọng lượng	17. Đo trọng lực
		21. Dị thường phóng xạ	18. Đo xạ
		22. Sự khác nhau về tốc độ truyền sóng trong vỏ Quả Đất	19. Thu sóng điện từ của đài phát thanh, truyền hình
		23. Dị thường do sự hoạt động của hạt nhân	21. Vật lý hạt nhân
		24. Sự phát sáng của khoáng vật 25. Sự phản xạ ánh sáng trên mặt	22. Chụp ảnh máy bay và vệ tinh nhân tạo
		26. Dấu hiệu địa vật lý kết hợp	24. Karota
Các phương pháp khoan và công trình khai đào		Các dấu hiệu khác nhau	25. Tìm kiếm bằng công trình nhẹ (hào, hố, giếng nông...) 26. Tìm kiếm bằng công trình nặng (giếng mỏ, lò) 27. Khoan nông 28. Khoan sâu
Các phương pháp tìm kiếm tổng hợp	Các tiền đề khác nhau	Các dấu hiệu khác nhau	29. Vẽ bản đồ sinh khoáng và dự báo khoáng sản

Chương XI

PHƯƠNG PHÁP ĐO VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT

11.1. CÁC LOẠI BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT

11.1.1. Các loại bản đồ địa chất theo tỷ lệ

- Bản đồ địa chất khái quát, tỷ lệ nhỏ hơn 1 : 1.000.000
- Bản đồ địa chất tỷ lệ nhỏ từ 1 : 1.000.000 đến 1 : 500.000
- Bản đồ địa chất tỷ lệ trung bình từ 1 : 200.000 đến 1 : 100.000
- Bản đồ địa chất tỷ lệ lớn từ 1 : 50.000 đến 1 : 25.000
- Bản đồ địa chất tỷ mỉ, tỷ lệ từ 1 : 10.000 đến 1 : 1.000

Diện tích và tên gọi của bản đồ t

Nền của bản đồ địa chất là bản đồ địa hình cùng tỷ lệ. Các bản đồ địa hình có diện tích và tên gọi theo quy ước quốc tế.

- Bản đồ địa hình tỷ lệ 1 : 1.000.000 là một hình thang bao gồm giữa hai kinh tuyến cách nhau 6^0 và vĩ tuyến cách nhau 4^0.

- Theo kinh tuyến người ta chia ra 60 múi đánh số 1 từ kinh tuyến gốc đến số 60 theo chiều từ Tây sang Đông.

Theo vĩ tuyến, từ đường xích đạo chia ra 23 đới mỗi đới cách nhau 4^0 và đánh số bằng chữ La tinh. Trong bản đồ người ta ghi một địa danh nổi tiếng nhất. Ví dụ : F - 48 (Hà Nội).

- Bản đồ 1 : 500.000 bằng 1/4 bản đồ 1 : 1.000.000
- Bản đồ 1 : 300.000 bằng 1/9 bản đồ 1 : 1.000.000
- Bản đồ 1 : 200.000 bằng 1/36 bản đồ 1 : 1.000.000
- Bản đồ 1 : 100.000 bằng 1/44 bản đồ 1 : 1.000.000
- Bản đồ 1 : 50.000 bằng 1/4 bản đồ 1 : 100.000

Diện tích và tên gọi của các bản đồ được tóm tắt trên bảng 11.1.

Các bản đồ tỷ lệ lớn hơn cũng có quy định tương tự nhưng ít dùng trong bản đồ địa chất, vì các loại bản đồ ấy thường phụ thuộc vào cấu trúc của trường quặng và ranh giới thường không nhất định.

Bảng 11.1. Giới hạn và tên gọi các loại bản đồ địa hình (theo quy định quốc tế)

Tỷ lệ bản đồ	Diện tích (so sánh với bản đồ) 1 : 1.000.000	Giới hạn bởi		Đánh số	Ví dụ về tên gọi
		Kinh độ	Vĩ độ		
1 : 1000.000	1	6^0	4^0	Kinh độ từ 1-60 Vĩ độ : Chữ in Latinh	F-48 (Hà Nội)
1 : 500.000	1/4	3^0	2^0	A-B D-C	F-48-A
1 : 200.000	1/36	1^0	$0^040'$	I-XXXVI	F-48-VI
1 : 100.000	1/144	00.30'	00.20'	1-144	F-48-52
1 : 50.000	1/4 bản đồ 1 : 1 00.000	00.15'	00.10'	A, B, D, C	F-48-52D
1 : 25.000	1/2 bản đồ 1 : 50.000	00.7'30"	00.5'	a,b,d,c	F-48-52D-b

11.1.2. Bản đồ địa chất theo nội dung

11.1.2.1. Bản đồ địa chất

- Bản đồ địa chất biểu diễn các phân vị địa tầng, các khối magma, đứt gãy, thế nằm của đá, tầng đánh dấu và các yếu tố địa chất khác. Chúng được phân biệt với nhau bằng ranh giới địa chất (màu đen), các đứt gãy (màu đỏ) và đánh màu theo tuổi quy ước quốc tế... trên nền bản đồ địa hình cùng tỷ lệ.

- Cột địa tầng tổng hợp: Biểu diễn quan hệ của các địa tầng theo thời gian. Cột địa tầng tổng hợp có các cột sau đây: Giới (phụ giới), hệ, thống, bậc, đới, hệ tầng, phụ hệ tầng, ký hiệu, cột địa tầng, bề dày và mô tả đặc điểm đất đá, hoá đá. Khi vẽ cột địa tầng hết sức chú ý quan hệ giữa thang địa tầng quốc tế và thang địa tầng tự do.

- Mặt cắt địa chất: biểu diễn quan hệ của các thể địa chất theo phương thẳng đứng.

11.1.2.2. Bản đồ địa chất thạch học

Ngoài các yếu tố như bản đồ địa chất, trong bản đồ thạch học còn dùng các ký hiệu khác để biểu diễn các đá một cách chi tiết hơn.

Bản đồ này thường dùng khi vẽ bản đồ tỷ lệ lớn, có khi đến 1 : 50.000 chủ yếu là cho bản đồ 1 : 10.000 - 1 : 2.000 thường dùng trong công tác tìm kiếm đánh giá hay thăm dò, nhất là để giải thích quy luật phân bố quặng hoá có liên quan đến thành phần thạch học của đá và cấu trúc địa chất.

11.1.2.3. Bản đồ địa chất cấu tạo

Trên bản đồ này người ta ghi lại những hoạt động kiến tạo xảy ra trong vùng, phân chia ra các tầng, phụ tầng, bậc hay tổ kiến tạo khác nhau theo lịch sử phát triển của vỏ Quả đất hay các phức hệ thành hệ vật chất, biểu thị cấu trúc địa chất như các thế nằm, trục nếp uốn, các loại đứt gãy, khe nứt, các đá mạch hoặc mô tả các yếu tố kiến tạo theo các khối cấu trúc.

11.1.2.4. Bản đồ địa mạo

Trên bản đồ địa mạo người ta thường biểu diễn các đặc trưng về nguồn gốc địa hình, bằng những màu sắc khác nhau, biểu thị tuổi địa hình bằng những ký hiệu, các dạng địa hình có thể dùng các đường kẻ theo những quy ước nhất định.

Trong tìm kiếm đôi khi người ta thành lập bản đồ địa mạo chuyên đề phục vụ trực tiếp cho công tác tìm kiếm. Vì thế trên bản đồ đó người ta còn đưa vào các dấu hiệu để giải thích mối liên quan giữa sự thành tạo địa hình với sự tích tụ khoáng sản.

11.1.2.5. Bản đồ trầm tích Đệ Tứ

Biểu thị các trầm tích hiện đại bao gồm các thành tạo ven bờ lục địa, phân chia các loại dựa theo nguồn gốc, tuổi và thành phần của chúng. Trên bản đồ người ta phân biệt các thành tạo tàn tích, sườn tích, lũ tích, bồi tích trong các dạng nguồn gốc của sông, suối, hồ, đầm, ven biển, các thành tạo do gió, băng... gây ra.

Người ta cũng dùng màu sắc, ký hiệu và quy ước khác nhau để biểu thị nguồn gốc, tuổi và thành phần của các thành tạo trầm tích.

Bản đồ trầm tích Đệ Tứ dùng để tìm kiếm các mỏ trầm tích hiện đại, các mỏ vỏ phong hoá và nhất là các mỏ sa khoáng.

Ngoài ra trong tìm kiếm còn dùng các bản đồ và sơ đồ như bản đồ địa chất thuỷ văn, bản đồ địa vật lý, bản đồ địa hoá, bản đồ trọng sa...

11.2. PHƯƠNG PHÁP VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT

11.2.1. Số lượng điểm quan sát và hành trình vẽ bản đồ

Dựa vào mức độ phức tạp của cấu trúc địa chất người ta chia làm ba loại:

- Vùng đơn giản: Cấu tạo nằm ngang hay dốc thoải; địa tầng đơn giản và được nghiên cứu tương đối kỹ; có tướng đá ổn định và tầng đánh dấu rõ ràng.

- Vùng trung bình: uốn nếp kiểu miền nền; địa tầng tương đối phức tạp hay chưa được nghiên cứu kỹ; tướng đá không ổn định và không có tầng đánh dấu. Trong vùng có thể có đá xâm nhập nhưng thành phần và tuổi không phức tạp.

- Vùng phức tạp: phổ biến các loại đá magma, biến chất có thành phần và tuổi khác nhau; phát triển nhiều uốn nếp và đứt gãy.

Số lượng kilômét lộ trình và mật độ điểm quan sát trung bình được nêu trong bảng 11.2 và 11.3.

Bảng 11.2. Số kilômet lộ trình định hướng trên 1km²

Tỷ lệ bản đồ	Mức độ cấu trúc địa chất vùng công tác		
	Đơn giản	Trung bình	Phức tạp
1 : 1.000.000	0,07	0,09	0,1
1 : 500.000	0,14	0,18	0,22
1 : 200.000	0,35	0,45	0,66
1 : 100.000	0,35	1,00	1,20
1 : 50.000	1,70	2.00	2,40

Bảng 11.3. Mật độ điểm quan sát trên 1km²

Tỷ lệ bản đồ	Mức độ cấu trúc địa chất vùng công tác		
	Đơn giản	Trung bình	Phức tạp
1 : 1.000.000	0,08	0,13	0,20
1 : 500.000	0,16	0,25	0,40
1 : 200.000	0,04	0,60	1,00
1 : 100.000	1,00	1,40	2,10
1 : 50.000	2,00	3,00	4,50

11.2.2. Phương pháp tiến hành

Phương pháp đo vẽ bản đồ địa chất được tiến hành bằng các lộ trình địa chất, quan sát và mô tả các điểm lộ của đá và quặng, ranh giới địa chất, đứt gãy, uốn nếp và các hiện tượng khác như thế nằm sự biến đổi... và được ghi vào nhật ký địa chất, đánh dấu trên bản đồ có thể chụp ảnh, vẽ, lấy mẫu.

Các lộ trình được bố trí vuông góc hay gần vuông góc với cấu trúc địa chất hay bố trí toả tia, đuổi vỉa tuỳ theo mục đích của lộ trình. Khoảng cách các tuyến lộ trình tuỳ thuộc vào tỷ lệ của bản đồ. Thường các lộ trình địa chất được bố trí dọc theo các dòng sông, suối và đường mòn, nơi mà ở đó lộ nhiều đá gốc nhất và dễ đi nhất.

Ngoài ra, còn tổng hợp kết quả của các phương pháp tìm kiếm khác và thi công các công trình khai đào, khoan.

11.2.3. Mặt cắt địa chất

Tỷ lệ mặt cắt thông thường bằng tỷ lệ bản đồ. Khi các lớp đá nằm ngang được phép tăng tỷ lệ đứng. Thành lập mặt cắt địa chất được tiến hành theo thứ tự như sau:

*** Vẽ mặt cắt:**

Chọn mặt cắt địa chất theo các nguyên tắc sau:

- Nên cắt qua tất cả các thể địa chất có mặt trong vùng và vuông góc hay gần vuông góc với đường phương của chúng.

- Đi qua nhiều công trình địa chất, nhất là các công trình tìm kiếm, thăm dò sâu.

Trong một vùng có thể vẽ một hay nhiều mặt cắt tuỳ cấu trúc địa chất và yêu cầu của công tác.

*** Trình tự lập mặt cắt:**

- *Vẽ địa hình:* dựa vào đường đồng mức trên bản đồ địa hình có mặt cắt đi qua để vẽ đường địa hình lên mặt cắt. Mặt cắt địa hình thường hay vẽ trên giấy kẻ milimet, để tăng độ chính xác.

- *Vẽ địa chất:* Đưa chính xác ranh giới địa chất, các đứt gãy... nằm trên đường mặt cắt đi qua từ bản đồ địa chất lên mặt cắt địa hình. Nếu có công trình địa chất, nhất là công trình khoan phải đưa chính xác vị trí, thành phần thạch học của chúng lên mặt cắt.

Sau đó dựa vào thế nằm, quan hệ giữa chúng tiến hành khoanh nối và suy đoán sự tồn tại của chúng dưới sâu, theo nguyên tắc nội, ngoại suy.

11.3. BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT TỶ LỆ 1 : 50.000

11.3.1. Phương pháp

Vẽ bản đồ địa chất tỉ lệ 1 : 50.000 cũng tuân theo những nguyên tắc chung nhưng có những nét riêng.

Điểm quan sát trung bình từ 2 - 4,5 điểm trong 1km^2 và đi 1,7 - 2,4 km hành trình.

- Trong vùng phổ biến các đá magma, biến chất phải vẽ bản đồ trọng sa cùng tỷ lệ và phải tìm kiếm chi tiết ở những khu tập trung sa khoáng.

- Lập sơ đồ địa mạo và trầm tích Đệ Tứ. Đối với các sa khoáng quan trọng phải vẽ bản đồ địa mạo chuyên.

Vẽ bản đồ kim lượng tỷ lệ 1 : 50.000. Mạng lưới lấy mẫu tuyến cách nhau 500m khoảng cách mẫu 50m.

- Mẫu bùn đáy nên kết hợp khi lấy mẫu trọng sa. Số lượng mẫu là 20/km^2.

- Vẽ bản đồ địa chất thuỷ văn và công tác tìm kiếm thuỷ địa hoá. Số lượng mẫu nước 70 - 100 mẫu trong 100km^2.

- Đo từ máy bay với khoảng cách tuyến bay 500 - 1000m, bay cao 150 - 200m.

- Đo phóng xạ mặt đất liên tục theo một số hành trình, nhất là vùng có các trường phóng xạ máy bay hay vệ tinh, vùng có nhiều đá magma, biến chất.

- Trong vùng có các mỏ kim loại như sắt, crôm, đồng, nikel có thể đo trọng lực. Trọng lực còn giúp phân vùng cấu trúc địa chất, tìm các mỏ dầu khí và các tập trung quặng dưới sâu.

- Tổ chức các hành trình tìm kiếm bổ sung để kiểm tra và chọn khu cần tìm kiếm đánh giá.

Công trình khai đào với khối lượng trung bình là 25 - 125 m^3 trên $100km^2$, khối lượng dùng cho tìm kiếm là 300 - $500m^3$ trên $100km^2$.

- Khi vẽ bản đồ tỷ lệ 1 : 25.000 dùng 100 - $500m^3/100km^2$, khối lượng dùng cho công tác tìm kiếm có thể gấp đôi nghĩa là đến 600 - $1600m^3/100km^2$.

Khối lượng khoan cho phép tối đa với tỷ lệ 1 : 50.000 là 100- 500m, tỷ lệ 1 : 25.000. có thể gấp đôi.

11.3.2. Vẽ bản đồ 1 : 50.000 theo nhóm tờ

Từ những thập kỷ cuối thế kỷ XX người ta dùng phương pháp vẽ theo nhóm tờ 1 : 50.000

Để vẽ nhóm tờ 1 : 50.000 cần có những điều kiện như sau;

- Trong vùng phải có ảnh vệ tinh và máy bay.

- Có đủ phương tiện vận chuyển như máy bay trực thăng, các phòng thí nghiệm nhẹ dùng ngoài trời, phòng thí nghiệm tương đối chính xác để có thể dùng các phương pháp mới.

- Có cán bộ trình độ chuyên môn cao để so sánh, tổng hợp và giải thích những vấn đề địa chất và khoáng sản.

- Có ảnh vệ tinh và giải đoán ảnh, có các tài liệu địa vật lý hàng không ở giai đoạn trước. Dựa trên các tài liệu đã có để lập các chú giải và dự kiến các mặt cắt chuẩn cho từng cấu trúc địa chất và từng vùng triển vọng khoáng sản.

11.4. VẼ BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN VÀ CÔNG TÁC TÌM KIẾM ĐÁNH GIÁ

11.4.1. Ý nghĩa và nhiệm vụ

Trong tìm kiếm đánh giá, thường kèm theo công tác vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ lớn chủ yếu là 1 : 10.000 - 1 : 5.000; có khi tới 1 : 2.000. Trên bản đồ tỷ lệ này có thể phản ánh cấu trúc trường quặng hay đới quặng.

Đối với than, phosphorit trầm tích, vật liệu xây dựng... giai đoạn này có thể tiến hành bản đồ 1 : 25.000 thậm chí 1 : 50.000.

Vùng có cấu trúc địa chất khác nhau thì bản đồ này có tên và yêu cầu nội dung khác nhau.

Bản đồ tỷ lệ lớn đánh giá một đối tượng rõ ràng: một mỏ, một đới quặng hay trường quặng. Vì thế nhiệm vụ trước tiên là nghiên cứu cấu trúc địa chất tạo khoáng và các đá vây quanh.

Nếu đối tượng là mỏ sa khoáng phải thành lập bản đồ địa mạo và trầm tích Đệ Tứ.

Khi thành lập bản đồ địa chất tỷ lệ lớn phải làm một số nghiên cứu chuyên đề như thạch học, tướng đá, khoáng vật học… Những nghiên cứu đó có thể biểu thị trên các bản đồ, sơ đồ riêng.

Khi lập bản đồ địa chất tỷ lệ lớn phải thành lập các mặt cắt chi tiết. Người ta lập nhiều mặt cắt thẳng góc với phương cấu trúc địa chất và quặng hoá, so sánh chúng. Các mặt cắt đó cách nhau một khoảng không nhỏ hơn 10cm trên bản đồ

So sánh các mặt cắt có thể tiến hành bằng nhiều phương pháp:

1. Theo dõi trực tiếp các vết lộ thân khoáng và đưa lên mặt cắt.

2. So sánh thành phần khoáng vật hay hoá học quặng, cũng như cấu tạo và kiến trúc của chúng.

3. So sánh thành phần thạch học và cấu trúc của đá vây quanh thân khoáng.

4. So sánh tính chất thay đổi hay ổn định trong các mặt cắt địa chất.

5. Trong các trầm tích hiện đại có thể so sánh các hệ thống "bào tử phấn đánh dấu".

11.4.2. Nhiệm vụ tìm kiếm trong bản đồ tỷ lệ lớn

Khi vẽ bản đồ tỷ lệ 1 : 10.000 - 1 : 5000 yêu cầu của công tác tìm kiếm là:

1. Giải thích được quy luật phân bố các thân khoáng trong cấu trúc địa chất và sự liên quan của chúng với thành phần thạch học.

2. Xác định ranh giới các trường quặng và các mỏ.

3. Sơ bộ đánh giá giá trị công nghiệp của khoáng sản.

Riêng nhiệm vụ tìm kiếm trường quặng bản đồ này phải phản ánh được các yếu tố:

1. Nguồn gốc và quy luật phân bố khoáng sản, xác định sự phân bố có tính chất địa phương hay theo quy luật nào.

2. Thành phần thạch học của đá ảnh hưởng đến quá trình tạo khoáng địa phương, đặc điểm cấu trúc địa chất khống chế khoáng hoá và sự phân bố của khoáng hoá trong cấu trúc đó.

3. Những hiện tượng biến đổi nhiệt dịch trước và sau tạo khoáng.

4. Ranh giới các đới khoáng hoá và tất cả vết lộ khoáng hoá.

5. Tất cả các tiền đề địa phương và các dấu hiệu tìm kiếm.

Trong bản đồ, ngoài các thân khoáng và biểu hiện tạo khoáng, cần phải đưa các yếu tố cấu trúc địa chất quan trọng, nhất là các yếu tố khống chế khoáng hoá như các thể tường, đá xâm nhập, các thành tạo phun trào có quan hệ đến tạo khoáng, các tầng đánh dấu…

11.4.3. Vị trí và diện tích của bản đồ tỷ lệ lớn

Tỷ lệ bản đồ cũng khác nhau tuỳ thuộc vào đối tượng tìm kiếm.

Các mỏ có cấu trúc địa chất phức tạp như các mỏ nội sinh, các trường quặng nhỏ thì bản đồ địa chất thường là 1 : 10.000 hay 1 : 5.000. Các mỏ phức tạp, quy luật phân bố không rõ ràng và có giá trị kinh tế cao phải vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1 : 5.000 đôi khi tỷ lệ 1 : 2.000.

Các bản đồ tỷ lệ 1 : 10.000 - 1 : 5.000 được chọn trong những vùng đã có bản đồ địa chất tỷ lệ 1 : 50.000 - 1 : 25.000 hay 1 : 100.000 ít khi dựa trên cơ sở của bản đồ 1 : 200.000 trừ trường hợp đặc biệt.

Diện tích của bản đồ địa chất tỷ lệ 1 : 10.000 có thể thay đổi từ 5 - 100km^2; bản đồ 1 : 5.000 từ 3 - 25km^2.

11.5. BẢN ĐỒ SINH KHOÁNG VÀ DỰ BÁO KHOÁNG SẢN

11.5.1. Bản đồ sinh khoáng

Được thành lập trên nền địa chất hoặc kiến tạo, thể hiện những quy luật phân bố các diện chứa quặng, các mỏ, các biểu hiện quặng và mối liên quan của chúng trong không gian và theo thời gian với các quá trình kiến tạo, magma, trầm tích, biến chất và phong hoá.

11.5.2. Bản đồ dự báo khoáng sản

Bản đồ dự báo khoáng sản là bản đồ các dị thường cho phép xác định và phân tích các tiền đề, dấu hiệu tìm kiếm với nhiệm vụ phân chia ra các đới và các diện tích để tiến hành công tác tìm kiếm hoặc thăm dò.

Bản đồ dự báo có ý nghĩa định hướng cho công tác tìm kiếm và thăm dò.

11.5.3. Các loại bản đồ sinh khoáng và dự báo khoáng sản.

+ Bản đồ sinh khoáng tỷ lệ nhỏ: 1 : 1.000.000 - 1 : 500.000 - hoặc nhỏ hơn.

+ Bản đồ sinh khoáng trung bình, từ : 1 : 200.000 - 1 : 100.000.

+ Bản đồ sinh khoáng tỷ lệ lớn, từ 1 : 50.000 - 1 : 25.000.

Các bản đồ trường quặng ở tỷ lệ 1 : 10.000 hay lớn hơn không xếp vào bản đồ sinh khoáng. Nếu chúng có nội dung tương tự thì được gọi là bản đồ dự báo trường quặng.

+ Bản đồ dự báo khoáng sản cũng có tỷ lệ tương tự.

11.5.4. Các đơn vị chứa quặng

Tuỳ diện tích chứa quặng mà bản đồ sinh khoáng và dự báo khoáng sản có những mục đích khác nhau.

Các đơn vị chứa quặng được nêu trên bảng 11.4.

Bảng 11.4. Các đơn vị sinh khoáng (theo A. V. Orlova và E. T. Satalov)

Kích thước	Diện tích	Hình thái	
		Dạng kéo dài	Không kéo dài
Rất lớn	Hàng triệu km^2	Đai sinh khoáng	Tính sinh khoáng
Lớn	Hàng ngàn đến hàng trăm ngàn km^2	Đới sinh khoáng (đai quặng)	Miền sinh khoáng
Trung bình	Hàng trăm đến hàng ngàn km^2	Đới quặng	Vùng quặng, nút quặng
Nhỏ	Hàng chục km^2	Trường quặng	

11.5.4.1. Đai sinh khoáng hành tinh

- Đới ngoài: nằm ven rìa lục địa, phát triển các đá axit và trung tính, liên quan với granit có các mỏ kim loại Sn, W, Au, Be, Pb, Zn, Mo, Fe, As, Sb.

- Đới trong: là đới ven đại dương.

Sinh khoáng liên quan với các đá mafic và siêu mafic, đặc trưng Pt, Fe, Ti, Ag, Au, As, Hg, Ba, Al, S, P.

11.5.4.2. Đai sinh khoáng khu vực

Đai sinh khoáng khu vực là một kiến trúc địa máng phức tạp, dạng tuyến, gồm các kiến trúc chứa quặng đa dạng.

Quy mô đai có chiều dài hàng ngàn kilômet, rộng hàng trăm km, diện tích hàng triệu kilomet vuông.

11.5.4.3. Tỉnh sinh khoáng

Là diện tích quặng rất lớn nằm trùng với các miền, các hệ địa máng hoặc các kiến trúc lớn của nền, hình thành trong suốt một vài chu kỳ kiến tạo - magma.

Diện tích tính sinh khoáng từ hàng chục ngàn đến hàng triệu kilomet vuông.

11.5.4.4. Đới sinh khoáng

Đó là kiến trúc mang quặng dạng tuyến, có quy mô khu vực dài hàng trăm đến hàng ngàn kilomet, rộng hàng chục đến hàng trăm kilomet, diện tích hàng ngàn kilomet vuông.

11.5.4.5. Miền sinh khoáng

Miền sinh khoáng là diện tích mang quặng tương đương với đới sinh khoáng nhưng không có dạng tuyến, diện tích hàng ngàn đến hàng chục ngàn kilomet vuông.

11.5.4.6. Vùng quặng

Đẳng thước hoặc không đều đặn, quy mô địa phương, diện tích vài trăm đến vài ngàn kilomet vuông. Phát triển các mỏ của vài ba kim loại.

11.5.4.7. Nút quặng

Là diện tích chứa quặng đẳng thước hoặc không đều, có diện tích vài trăm đến vài ngàn kilomet vuông, bao gồm các trường quặng hoặc các mỏ, liên quan với nhau về nguồn gốc.

11.5.4.8. Đới quặng

Là diện tích mang quặng dạng tuyến dài vài chục kilomet, rộng vài kilômet, với diện tích vài trăm kilomet vuông.

11.5.4.9. Trường quặng

Là diện tích mang quặng không lớn từ vài đến vài chục kilomet vuông, gồm các mỏ hoặc các thân quặng gần gũi về thời gian thành tạo, liên quan với nhau về nguồn gốc, nằm bám vào các yếu tố kiến tạo địa phương hoặc khu vực.

Nhiệm vụ và phương pháp thành lập bản đồ sinh khoáng và dự báo khoáng sản đã được trình bày trong quyển "Phương pháp tìm kiếm khoáng sản rắn", Đặng Xuân Phong chủ biên, Nhà xuất bản Xây dựng, 2002. Ở đây chỉ xin nêu tóm tắt.

11.5.5. Phương pháp thành lập bản đồ sinh khoáng

Để nghiên cứu vùng quặng nên vẽ bản đồ sinh khoáng tỷ lệ 1 : 200.000 - 1 : 100.000; đới quặng, nút quặng dùng bản đồ 1 : 50.000 - 1 : 25.000. Bản đồ 1 : 10.000 hay lớn hơn có cùng nội dung không gọi là bản đồ sinh khoáng mà là bản đồ dự báo trường quặng.

Cách biểu thị trên bản đồ, chỉ nêu tóm tắt một số điểm cần chú ý sau:

- Nền của bản đồ sinh khoáng là nền kiến tạo, địa chất hay địa chất chuyên hoá tuỳ từng vùng và đối tượng tìm kiếm. Vì bản đồ mang tính tổng hợp, nhiều thông tin nên phải chọn lọc những yếu tố cần thiết nhất, nhưng phải đủ để đảm bảo giải thích được quy luật phân bố quặng hoá.

- Đá trầm tích và biến chất chỉ phân chia đến thống, nhiều khi gộp lại nếu chúng có cùng một điều kiện và ý nghĩa tạo quặng.

- Đá magma phải thể hiện các phức hệ, các pha, hình thái, độ bóc mòn, quan hệ xuyên cắt của khối xâm nhập.

- Các yếu tố kiến trúc: trục nếp uốn, đứt gãy, đới phá huỷ.

Tất cả các yếu tố trên có thể sử dụng những dấu hiệu như bản đồ địa chất bình thường hoặc thêm các màu sắc, nét vẽ, quy ước khác để thể hiện.

- Các yếu tố quặng hoá được thể hiện như sau:

+ Các hiện tượng biến đổi nhiệt dịch dùng các chữ và nét vẽ bằng màu sắc khác nhau.

+ Các vành phân tán khoanh bằng mực màu kèm theo nguyên tố tạo quặng hay khoáng vật chính.

+ Các đới, khu, các dị thường địa vật lý dùng mực màu và các kí hiệu để thể hiện.

+ Các mỏ gốc phải thể hiện nguồn gốc, quy mô theo những quy ước khác nhau, ví dụ như trên bảng 11.5

Bảng 11.5. Sự thể hiện các mỏ và điểm quặng theo dấu hiệu quy ước

Kiểu nguồn gốc	Mạch	Mạng mạch	Thấu kính	Vỉa và thân giữa lớp	Quặng xâm tán và mạch	Đới khoáng hoá cà nát	Thân quặng hình thái không xác định	Điểm biểu hiện quặng
Macma	◫	⊞	⊟		⊡	⊠	▣	□
Skarn			△	△	△	△	△	△
Pegmatit	◊		◊				◊	◊
Nhiệt dịch	⦶	⊕	⊖	⊖	⊙	ⓥ	◉	⊙
Trầm tích			▭	▭	▭	▭	▭	▭
Phong hoá			◡				◡	◡
Biến chất			▯	▯	▯	▯	▯	▯
Sa khoáng			▽	▽			▽	▽

11.5.6. Phương pháp thành lập bản đồ dự báo khoáng sản

Bản đồ này được thành lập sau khi đã có bản đồ sinh khoáng. Trên cơ sở bản đồ sinh khoáng có thể phân ra các vùng triển vọng khác nhau để tiến hành tìm kiếm và thăm dò ở mức độ khác nhau. Người ta chuẩn bị các tờ giấy can trong hoặc nửa trong suốt có toạ độ và mạng sông suối đặt lên bản đồ sinh khoáng. Trên cơ sở các tài liệu đã có, xác định các khu triển vọng khác nhau.

1- Dựa vào các yếu tố không chế quặng hoá, phân ra hai nhóm:

- *Nhóm A,* gồm các mức:

A1- Diện tích triển vọng, có thể làm tăng trữ lượng khoáng sản, cần tiến hành công tác thăm dò.

A2- Diện phân bố các yếu tố khống chế quặng hoá trực tiếp và các biểu hiện quặng. Trong diện tích này cần tìm kiếm, lấy mẫu, có sử dụng địa vật lý, khoan và công trình khai đào.

A3 - Diện phân bố các yếu tố khống chế quặng hoá, có cấu tạo địa chất thuận lợi, không hoặc rất ít các biểu hiện quặng. Cần tiến hành công tác tìm kiếm có sử dụng địa vật lý và công trình khai đào trên mặt.

A4- Diện nghiên cứu còn ít, chưa đủ cơ sở để xác định mức độ triển vọng, cần tiến hành vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ lớn hơn và lấy mẫu bổ sung.

- *Nhóm B* - Diện tích chưa cần tiến hành công tác tìm kiếm bổ sung.

B1- Diện đã rõ các mỏ, không có khả năng phát hiện ra các mỏ mới.

B2- Diện có cấu trúc địa chất thấy không thuận lợi cho tích tụ khoáng sản có giá trị công nghiệp.

B3- Diện đã nghiên cứu và kết luận không có triển vọng với tất cả các yếu tố tạo quặng.

2- Lập bản đồ dự báo trên cơ sở các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm

Gồm 5 nhóm :

Nhóm I- Diện tích triển vọng, dựa theo các tiền đề tìm kiếm khu vực.

Nhóm II- Diện tích triển vọng, dựa theo các tiền đề tìm kiếm địa phương.

Nhóm III- Diện tích triển vọng, dựa theo tiền đề tìm kiếm địa phương và dấu hiệu tìm kiếm.

Nhóm IV- Diện tích triển vọng, dựa trên cơ sở dấu hiệu tìm kiếm trực tiếp và gián tiếp.

Nhóm V- Diện tích riêng biệt, dựa trên cơ sở các dị thường đặc biệt.

Ngoài ra còn có những cách phân loại khác.

11.6. MỘT SỐ QUY ƯỚC KHI VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT

11.6.1. Màu của bản đồ

Màu của bản đồ phải theo tiêu chuẩn quốc tế cho các thành tạo trầm tích. Các tiêu chuẩn đó được quy định trong thang địa tầng quốc tế do Hội Địa tầng Quốc tế thuộc UNESCO biên soạn. Thang địa tầng xuất bản năm 2004 được giới thiệu ở bảng 2.7, chương II.

Ngoài màu, còn ghi tuổi địa chất tương ứng như: D_2, T_1, K_2...

Nếu trong vùng chưa xác định được theo thang địa tầng quốc tế thì vẽ theo thang địa tầng địa phương (loạt, điệp, tầng) hay địa tầng tự do (phức hệ, hệ tầng). Màu theo tuổi tương ứng kèm theo tên địa phương như hệ tầng Suối Bàng (T_3nsb), hệ tầng Tiên Hưng (N_1th)...

Đối với đá magma cũng theo quy ước về màu và ký hiệu biểu thị. Ví dụ, đá xâm nhập axit và trung tính tô màu đỏ với các ký hiệu bằng chữ và nét vẽ như granit dùng chữ γ, điorit δ (bảng 11.6).

Trong một vùng có khi có vài phức hệ xâm nhập, có thể thêm số để biểu thị. Ví dụ: phức hệ Đại Lộc (γ_1aD_1dl), phức hệ Quế Sơn (γP_2-T_1qs)...

Trên một số bản đồ, sơ đồ, màu có thể được quy ước riêng như bản đồ kiến tạo, địa mạo, khoáng sản...

Bảng 11.6. Ký hiệu quy ước cho đá magma

Nhóm đá	Loại đá	Ký hiệu màu	Ký hiệu chữ	Ký hiệu nét vẽ
Axit và trung tính	Granit	Đỏ	γ	+ + + + + + + +
	Granođiorit		γδ	
	Điorit		δ	
	Syenit		ξ	x x x x x x x x x
	Syenit nêfelin		ε	
Mafic	Gabro	Lục	υ	z z z z z z z z z
Siêu mafic	Đunit	Tím	σ	⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥ ⊥
Phun trào axit	Ryolit	Theo màu của địa tầng	λ	/\/\/\/\ /\/\
Phun trào trung tính	Andezit		α	V V V V V V V
Phun trào mafic	Bazan		β	

11.6.2. Thế nằm của đá

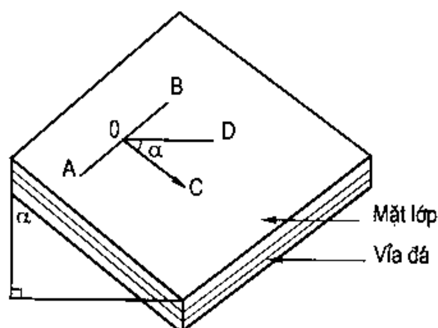
Đo thế nằm của đá là công việc thường xuyên và quan trọng. Các yếu tố thế nằm được giới thiệu trên hình 11.1.

Thao tác đo thế nằm khá đơn giản:

- Đặt địa bàn trên mặt lớp của đá, để địa bàn thăng bằng trên mặt phẳng nằm ngang bằng cách nhìn vào bọt nước. Đường tiếp xúc giữa cạnh địa bàn và mặt lớp là đường phương. Đọc góc phương vị đường phương trên địa bàn. Ví dụ, 40.

- Từ đó xác định được góc phương vị hướng dốc: 40 + 90 = 130.

- Đặt đứng địa bàn nghiêng theo mặt lớp và cạnh trùng với hướng dốc, ta xác định được góc dốc. Ví dụ, trên hình là 11.1.



Hình 11.1: Các yếu tố thế nằm của đá.

AB : đường phương

OC : đường dốc

OD : hướng dốc

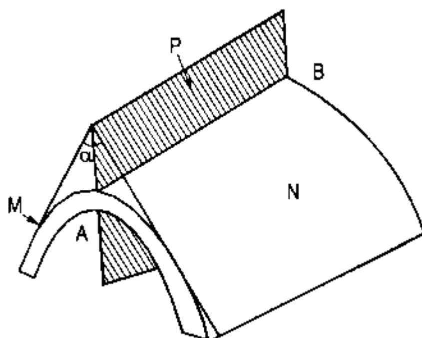
α : góc dốc

- Ghi các yếu tố thế nằm vào nhật ký : 40 ∠ 45

- Biểu diễn thế nằm trên bản đồ bằng ký hiệu như chữ T. Trong đó nét ngang biểu thị cho đường phương (dài 5mm) và nét đứng biểu thị cho hướng dốc (2mm) và ghi góc dốc bên cạnh kí hiệu.

11.6.3. Quan sát và xác định nếp uốn

Có hai loại nếp uốn : nếp lồi và nếp lõm. Các yếu tố của một nếp uốn được giới thiệu trên hình 11.2



Hình 11.2: Các yếu tố của nếp uốn.

AB - Trục nếp uốn

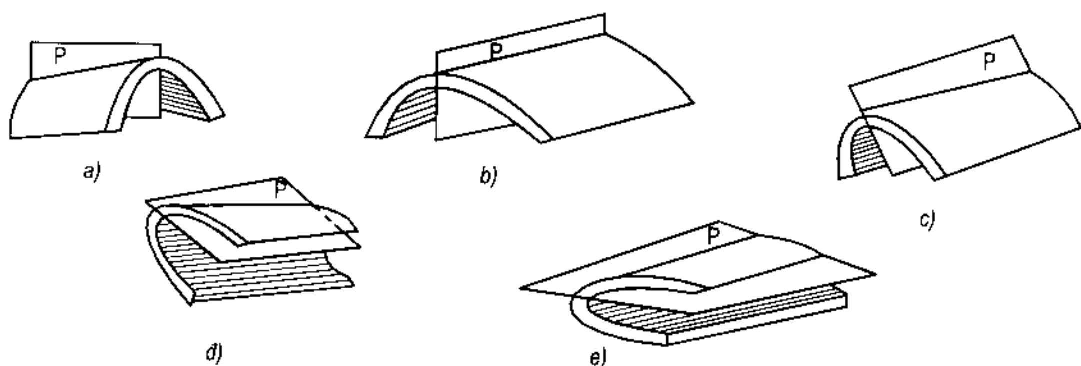
A - Đỉnh nếp uốn

M, N- Cánh nếp uốn

P - Mặt trục

α - Góc uốn

Dựa theo vị trí của mặt trục so với địa hình, có thể phân biệt các loại nếp uốn như nêu ở hình 11.3.



Hình 11.3: Phân loại nếp uốn dựa theo vị trí của mặt trục và góc dốc của cánh so với địa hình, P - Mặt trục; a- Nếp uốn đối xứng; b- Nếp uốn không đối xứng; c- Nếp uốn nghiêng; d- Nếp uốn đổ; e- Nếp uốn nằm

Trong thực tế có những nếp uốn rất phức tạp tạo thành phức nếp lồi, phức nếp lõm, nếp uốn diapia, nếp uốn có mặt cắt nằm ngang hay nếp uốn đổ (ảnh 11.1). Có khi vỉa đá chỉ có những biến dạng nhỏ và không đều tạo thành các nếp oằn, ví dụ như trên ảnh 11.2. Cách thể hiện các loại nếp uốn theo các dấu hiệu quy ước như trong các quy phạm.



Ảnh 11.1: *Nếp uốn đổ ở Slukhowic (Ba Lan). Ảnh S. May.*



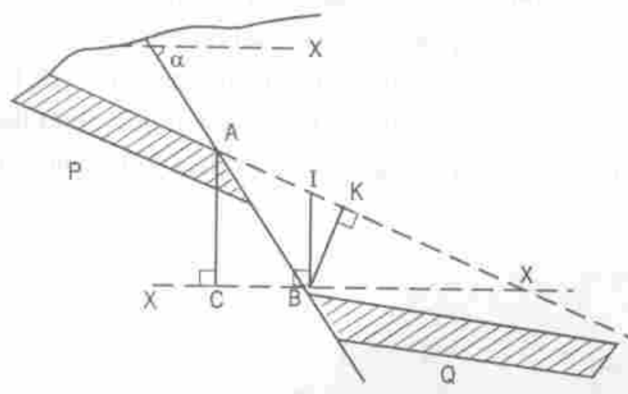
Ảnh 11.2: *Nếp oằn. Ảnh K. R. McClay.*

11.6.4. Đứt gãy

Đứt gãy có nhiều ý nghĩa trong địa chất và tìm kiếm thăm dò khoáng sản.

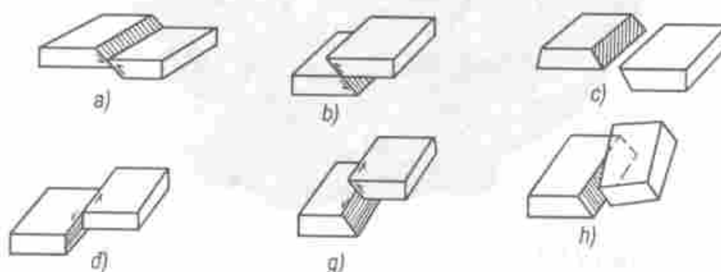
Các yếu tố của một đứt gãy được giới thiệu trên hình 11.4.

Có nhiều cách phân loại đứt gãy. Dựa vào hình thái, hướng dốc mặt trượt, hướng dịch chuyển người ta phân ra các loại đứt gãy chính như nêu ra trên hình 11.5.



P - cánh trôi (cánh nằm);
Q - cánh trụ (cánh treo);
AB - Giao tuyến của mặt trượt và mặt cắt;
α - góc dốc của mặt trượt;
xx - đường nằm ngang;
AC - Cự li thẳng đứng;
CB - Cự li ngang;
BI - dịch chuyển đứng;
BK - Cự li địa tầng

Hình 11.4: *Các yếu tố của đứt gãy.*



Hình 11.5: *Các loại đứt gãy hay gặp.*
a) Đứt gãy thuận; b) Đứt gãy nghịch; c) Đứt gãy rời; d) Đứt gãy trượt bằng; g) Đứt gãy ngang nghịch; h) Đứt gãy bản lề.



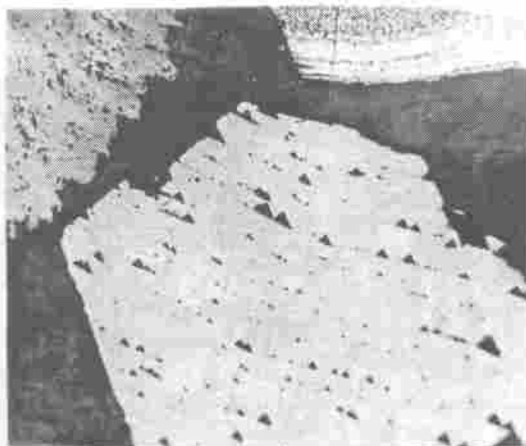
Ảnh 11.3: *Hai hệ thống đứt gãy. Ảnh R. R. McClay.*

Trong một vùng có thể có nhiều hệ thống đứt gãy. Ví dụ, trên ảnh 11.3 có hai hệ thống.

Trong công tác tìm kiếm phải phân biệt được đứt gãy trước hay sau tạo quặng, là nơi cư trú hay là đường dẫn quặng. Trong thực tế việc phân biệt các loại đó rất khó khăn nên phải nghiên cứu một cách có hệ thống theo nhiều dấu hiệu. Ví dụ trong mỏ chì kẽm Boleslav (Balan), phái nhiệt dịch cho rằng có dăm kết quặng là có nguồn gốc nhiệt dịch, nhưng chúng tôi chứng minh được đứt gãy có sau tạo quặng vì có dăm kết chứa mảnh quặng (ảnh 11.4 và 11.5)



Ảnh 11.4: *Dăm kết kiến tạo chứa mảnh quặng*
(Ảnh Đặng Xuân Phong)



Ảnh 11.5: *Các mảnh dăm của galenit sphalerit, maccazit trong dăm kết.*
(Ảnh Đặng Xuân Phong)

Chương XII

PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM ĐỊA HOÁ

12.1. PHƯƠNG PHÁP KIM LƯỢNG THỨ SINH

12.1.1. Vẽ bản đồ kim lượng chẩn đoán

Theo V. M. Crayche, mật độ mạng lưới lấy mẫu kim lượng định hướng như sau: 1cm^2 trên bản đồ lấy 1 mẫu. Như vậy, với tỉ lệ 1 : 200.000 có 0,25 mẫu/1km^2, tỉ lệ 1 : 100.000 là 1 mẫu/1km^2, tỉ lệ 1 : 50.000 là 4 mẫu/1km^2.

Kết quả nghiên cứu có thể xác định tiền đề thuận lợi cho đo vẽ bản đồ địa chất và sơ bộ khoanh định vùng quặng hoặc trường quặng.

12.1.2. Vẽ bản đồ kim lượng diện tích tỷ lệ nhỏ

Thường được tiến hành đồng thời với đo vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1 : 100.000. 1 : 50.000 và 1 : 25.000 và 1 : 10.000. Kết quả của công tác tìm kiếm là khoanh được các trường quặng và mỏ khoáng. Công tác lấy mẫu thường tiến hành theo mạng lưới. Mật độ mạng lưới lấy mẫu được giới thiệu ở bảng 12.1.

Bảng 12.1: Mạng lưới lấy mẫu khi tìm kiếm kim lượng

Tỷ lệ tiến hành	Khoảng cách giữa các tuyến (m)	Khoảng cách giữa các mẫu (m)	Số lượng mẫu/km^2
1 : 200.000	2000	100 - 200	2,5 – 5
1 : 100.000	1000	50 - 100	10 – 20
1 : 50.000	500	50	40
1 : 25.000	250	20 - 50	80 – 200
1 : 10.000	100	10 - 25	400 – 1000
1 : 5000	50	5 - 20	1000 – 4000
1 : 2000	20	2 - 20	4000 – 5000

Trọng lượng mẫu theo P. Xolovov lấy khoảng 20 - 50g, theo N. N. Trophimov: 200 - 300g.

Mẫu được sấy, nghiền, trộn đến cỡ hạt 0,074 mm và gửi 12 - 15g đi phân tích quang phổ bán định lượng. Trong một số trường hợp có thể phân tích bằng hấp phụ nguyên tử và các phương pháp khác.

Mẫu kim lượng có thể lấy ngay trên mặt cho đến độ sâu 1m hay hơn.

Trong vùng đất trung tính và kiềm với ưu thế là môi trường khử lấy độ sâu 20 - 30cm. Trong vùng có tính axit và trung tính, ưu thế là môi trường oxy hóa, trên mặt đã bị khử kiềm mạnh chứa ít kim loại, nên phải lấy mẫu ở độ sâu từ 0,5 - 1m. Vì thế trước khi lấy mẫu hàng loạt nhất là tìm kiếm tỷ lệ lớn phải lấy mẫu thử nghiệm theo mặt cắt đứng của công trình khai đào với khoảng cách 0,1 - 0,2m và ở các lỗ khoan là 0,5 - 1,0m.

12.1.3. Vẽ bản đồ kim lượng diện tích chi tiết

Công tác này có thể tiến hành với tỷ lệ 1 : 10.000 đến 1 : 5.000 có khi 1 : 2.000 - 1 : 1.000. Bản đồ kim lượng này để kiểm tra hay chi tiết hoá những vành phân tán đã được phát hiện hoặc kiểm tra những dị thường địa vật lý.

Đôi khi ở giai đoạn tìm kiếm đánh giá hay thăm dò người ta tiến hành lấy mẫu theo những mặt cắt chi tiết hơn.

12.1.4. Tìm kiếm theo dòng phân tán

Tìm kiếm theo dòng phân tán là một dạng của công tác kim lượng, nhưng lấy mẫu trong những phần hạt nhỏ như bùn, sét, cát… theo mạng lưới sông suối. Cho nên còn gọi là "Phương pháp bùn đáy".

Hàm lượng các vật chất trong bùn khá cao và ở cách mỏ gốc hàng trăm mét đến vài kilomet tuỳ tính chất của các khoáng vật gốc.

Vẽ bản đồ dòng phân tán thường đi cùng tỷ lệ: 1 : 500.000 đến 1 : 50.000 - 1 : 25.000 kết hợp đánh giá các loại khoáng sản. Ở các tỷ lệ lớn hơn phương pháp bùn đáy ít có ý nghĩa.

Số lượng lấy mẫu được dẫn ra ở bảng 12.2.

Bảng 12.2: Mật độ lấy mẫu theo dòng phân tán

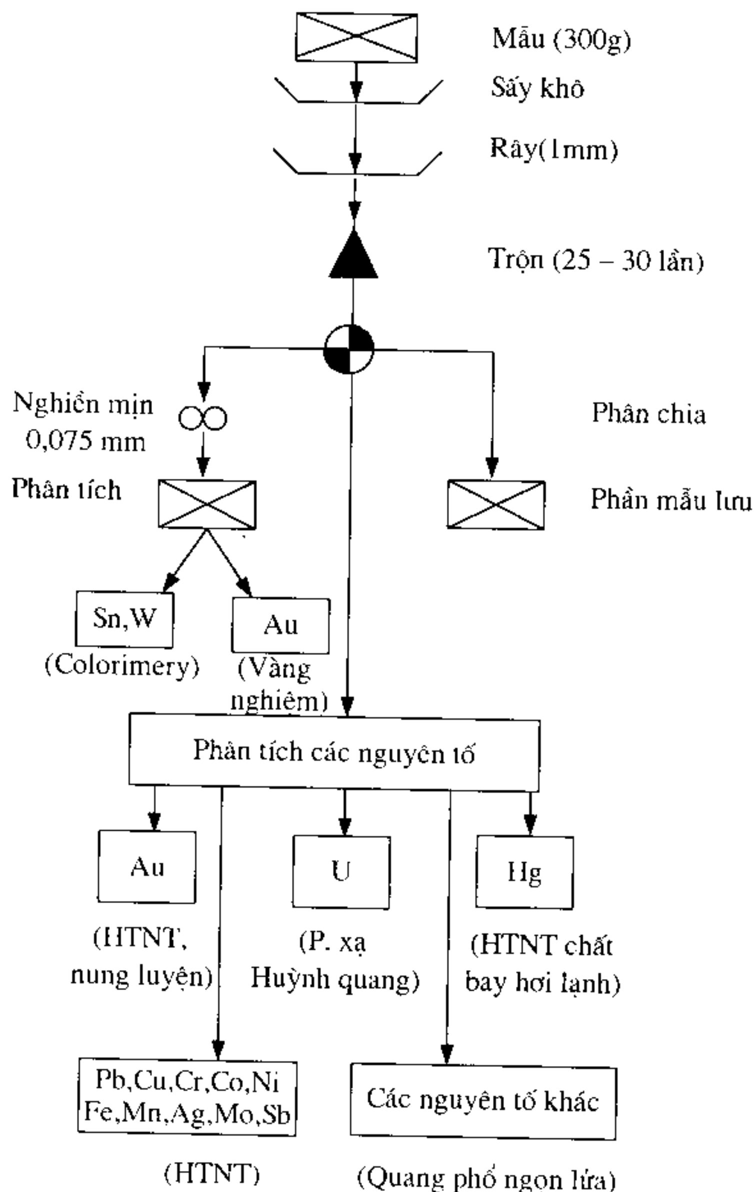
Tỷ lệ đo vẽ	Mạng lưới lấy mẫu		Số mẫu/ 1km^2 diện tích nghiên cứu
	Khoảng cách trung bình giữa các suối lấy mẫu (km)	Khoảng cách TB giữa các điểm lấy mẫu theo suối (km)	
1 : 200.000	2,0	0,50	1
1 : 100.000	1,0	0,25	4
1 : 50.000	0,5 - 0,7	0,05 - 0,25	8

Mẫu bùn đáy chủ yếu lấy ở đáy của các suối, nơi con sông uốn cong, hồ móng ngựa…

Mật độ lấy mẫu là 1 mẫu/1,7 km^2 diện tích (Centra Bett, 1976).

Trong vùng có thung lũng rộng thì mẫu lấy ở hai bên bờ và suối nhánh (suối cạn).

Phương pháp gia công, phân tích mẫu bùn đáy được giới thiệu trên sơ đồ hình 12.1



Hình 12.1: *Sơ đồ gia công và các phương pháp phân tích mẫu bùn đáy*

Phương pháp bùn đáy có nhiều ưu điểm nhưng có hiệu quả nhất trong những vùng phát triển mạng sông suối, trong những vùng phân cắt mạnh và thường chỉ dùng ở bản đồ tỷ lệ 1 : 50.000 hay nhỏ hơn.

12.2. PHƯƠNG PHÁP KIM LƯỢNG NGUYÊN SINH

Áp dụng trong tất cả các giai đoạn tìm kiếm, nhưng có hiệu quả nhất là tỷ lệ 1 : 500.000 - 1 : 50.000 - 1 : 10.000 - 1 : 5.000 và trong các giai đoạn thăm dò.

Tiến hành lấy mẫu tự do hay mạng lưới nhất định nhằm phát hiện vành phân tán nguyên sinh của nguyên tố tạo quặng hay đi cùng.

- Trong tìm kiếm đánh giá, tiến hành đồng thời với đo vẽ địa chất tỷ lệ 1 : 10.000 - 1 : 5.000 hoặc lớn hơn. Công tác này được tiến hành ở những diện tích có biểu hiện quặng đã được phát hiện để khoanh ranh giới vành phân tán nguyên sinh.

- Giai đoạn thăm dò: nhằm phát hiện các thân quặng ẩn hoặc ở rìa diện tích thăm dò và tìm ra quy luật phân bố quặng hoá.

12.2.1. Lấy và gia công mẫu

Lấy mẫu ở các loại đá theo mặt cắt chi tiết và tuyến lộ trình cắt vuông góc với phương cấu trúc của đới khoáng hoá, cấu trúc chứa quặng. Mẫu lấy ở công trình tìm kiếm (hào, hố, giếng, khoan...) vết lộ tự nhiên nên lấy theo phương thức điểm - luống.

Mẫu được nghiền đến cỡ hạt 0,074mm, sau mỗi lần nghiền qua các cỡ rây phải trộn và rút gọn sau đó lấy 15 - 20 g gửi phân tích, phần còn lại để lưu.

Gia công mẫu được tiến hành theo công thức:

$$Q = k.d^2$$

Trong đó : Q - trọng lượng mẫu phân tích, tính bằng gam;

d - đường kính cỡ hạt, tính bằng mm;

k - hệ số rút gọn phụ thuộc vào đặc điểm phân bố của các nguyên tố chỉ thị hoặc nguyên tố tạo quặng.

Sơ đồ gia công mẫu tương tự như phương pháp phân tích hoá (hình 12.1).

12.2.2. Phân tích và vẽ bản đồ vành phân tán

Phân tích tương tự như phương pháp kim lượng thứ sinh.

Sau khi có kết quả người ta đưa lên bản đồ vẽ các đường cùng hàm lượng theo các bậc khác nhau và giải thích kết quả lấy mẫu.

Để làm được việc đó, người ta thực hiện các nhiệm vụ như sau:

- Xác định tổ hợp các nguyên tố có giá trị tin cao và đặc trưng cho mỗi kiểu quặng.
- Xác định hàm lượng nền, hàm lượng các "bậc" dị thường theo từng nguyên tố.
- Xác định tính phân đới (đứng, dọc, ngang) của vành phân tán.
- Vẽ các vành phân tán.

Để giải quyết các nhiệm vụ đó phải xử lý tài liệu theo các bước:

1. Thành lập các ma trận theo kết quả phân tích.

2. Thành lập các sơ đồ biểu thị sự phân bố các nguyên tố, so sánh các tài liệu với kết quả ở các mỏ tương tự.

3. Dựa vào các ma trận đã có, thành lập ma trận tần suất xuất hiện để xử lý số liệu, tìm ra tổ hợp các nguyên tố có giá trị tin cao.

4. Phân tích tương quan đa chiều kết hợp phân tích dengram để xác lập tổ hợp các nguyên tố cộng sinh.

5. Mô hình hoá trường không gian của các nguyên tố có giá trị tìm kiếm, lập các bình đồ đẳng trị theo hàm tương quan hồi quy đa chiều có thể lập các bản đồ Trend để dự đoán nơi tập trung quặng hoá.

12.3. PHƯƠNG PHÁP THUỶ ĐỊA HOÁ

12.3.1. Phạm vi áp dụng

Phương pháp này dùng để tìm kiếm các mỏ urani, molibden, kẽm, đồng, các mỏ sunfur, mỏ muối... và các mỏ không kim loại như Bor, beril và liti...

Nó có thể tiến hành độc lập hay kết hợp với phương pháp kim lượng và trọng sa. Việc áp dụng phương pháp thuỷ địa hoá có thể chia thành ba giai đoạn:

- Giai đoạn điều tra: Được tiến hành với công tác vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1 : 200.000 - 1 : 100.000. Nhiệm vụ chính là khoanh định diện tích có triển vọng chứa quặng. Mẫu được lấy ở các biểu hiện nước đặc trưng cho các đá quan trọng nhất, đới phá huỷ kiến tạo, đới tiếp xúc.

- Giai đoạn tìm kiếm 1 : 50.000 - 1 : 25.000: Mẫu lấy ở sông, suối, ao hồ, giếng nước ăn, các công trình, khoan và những nơi xuất lộ nước.

- Giai đoạn tìm kiếm tỷ lệ 1 : 10.000 và tỷ lệ lớn hơn: Phương pháp chỉ sử dụng trong trường hợp đặc biệt.

Dấu hiệu rõ ràng là hàm lượng nguyên tố tạo quặng trong nước cao hơn hàm lượng nền. Các dấu hiệu gián tiếp được thể hiện như sau:

- Hàm lượng kim loại và một số nguyên tố đi cùng tăng cao với vùng không có khoáng hoá.

- Hàm lượng ion sunfat cao (tỷ lệ giữa ion sunfat và ion clo cao).

- Độ pH thấp.

12.3.2. Lấy và gia công mẫu và phân tích mẫu

12.3.2.1. Lấy mẫu

Số lượng mẫu giới thiệu trên bảng 12.3.

Nguồn nước cần lấy mẫu là nước ở suối, nước dưới đất, điểm xuất lộ nước hoặc ở ao hồ đầm lầy, giếng dân sinh, lỗ khoan và các công trình khai đào.

Mẫu lấy trực tiếp vào chai thuỷ tinh hay chai nhựa. Khối lượng mẫu nước tuỳ thuộc vào lượng cặn có trong mẫu. Ví dụ, khi lượng cặn khô > 500mg/l thì thể ích mẫu là 0,1

lít : khi lượng cặn khô < 100g/l thì mẫu là 1 lít. Chai đựng mẫu phải được đánh số, ghi rõ ngày và vị trí lấy mẫu. Mẫu để xác định các nguyên tố Cu, Pb, Zn, Ni, Co và urani sau khi đã đo độ pH, cần nhỏ HCl với nồng độ 1 : 1 theo tỷ lệ 3ml/1 lít nước. Đo lưu lượng, nhiệt độ không khí và của nước, đô pH, xác định mùi vị và các tính chất vật lý khác của nguồn nước.

Bảng 12.3. Mật độ lấy mẫu trong tìm kiếm thuỷ địa hoá

Tỷ lệ bản đồ	Số mẫu lấy trên 1km² tương ứng với cấu trúc địa chất và điều kiện địa hoá cảnh quan		
	Đơn giản	Trung bình	Phức tạp
1 : 200.000	0,1	0,15	0,2 - 0,4
1 : 50.000	1,1	1,7	1,5 - 2,0
1 : 25.000	2,3	3,4	4 – 5
1 : 10.000	Lấy mẫu ở tất cả các biến hiện nước tự nhiên với khoảng cách không lớn hơn 100m đối với tỷ lệ 1 : 10.000 và không quá 1cm trên bản đồ theo tỷ lệ tương ứng		

Để xác định tầng chứa nước phải lấy mẫu ở các lỗ khoan sâu bằng dụng cụ chuyên dụng, phải đo nhiệt độ không khí, chiều sâu, mực nước trong công trình. Xác định kiểu nguồn nước, lập mặt cắt địa chất lỗ khoan.

Kết quả của phương pháp tìm kiếm thuỷ địa hoá phụ thuộc vào thời gian lấy mẫu và đặc điểm khí hậu vùng nghiên cứu.

12.3.2.2. Phân tích mẫu

Phải lắng mẫu để lấy các cặn khô và đưa phân tích. Có thể sử dụng phương pháp quang phổ để phát hiện tất cả các nguyên tố. Phân tích hoá học để xác định hàm lượng kim loại, ion sunfat, ion clor, đo độ pH. Một số nguyên tố vi lượng có vai trò chỉ thị tìm kiếm quặng có thể phân tích bằng phương pháp hiện đại như Au, Ag, Mo, Cu, Pb…

12.3.2.3. Xử lý và giải thích kết quả lấy mẫu

Đưa lên sơ đồ hay bản đồ ghi kết quả vào các điểm lấy mẫu.

Tính toán hàm lượng nền và phân chia ra các khu có hàm lượng cao của một số nguyên tố tìm ra các khu có triển vọng, xác định các VPT thuỷ địa hoá.

Khi tìm kiếm tỷ lệ 1 : 50.000 - 1 : 25.000 phải phân biệt các khu có triển vọng. Trên bản đồ địa chất, trên giấy can hay bản đồ địa chất thuỷ văn cần phải biểu hiện các kết quả: hàm lượng các ion SO_4^{-2}, Cl, tỷ lệ ion sunfat trên ion clor, hàm lượng cao các nguyên tố chủ yếu trong mẫu như Zn, Cu, Mo…, trị số pH. Các số liệu đó nên thành lập dưới dạng "cùng hàm lượng".

12.4. PHƯƠNG PHÁP THỦY ĐỊA HOÁ PHÓNG XẠ

Thực chất của công tác tìm kiếm thuỷ địa hoá phóng xạ là một dạng của phương pháp tìm kiếm thuỷ địa hoá nhưng lấy mẫu nước ở những nơi có chứa nguyên tố phóng xạ (urani, thori...).

12.4.1. Phạm vi áp dụng

Phương pháp này sử dụng để phát hiện dị thường phóng xạ của các nguyên tố urani, thori, kali và radon.

12.4.2. Công tác lấy mẫu, phân tích mẫu và giải thích kết quả

- *Lấy mẫu:* tương tự như phương pháp thuỷ địa hoá.

- *Phân tích mẫu:*

Việc xác định hàm lượng các nguyên tố phóng xạ được thực hiện theo nguyên tắc hấp phụ. Các urani hấp phụ xác định theo phương pháp so màu, huỳnh quang, phương pháp phóng xạ.

Kết hợp lấy mẫu nước phải tiến hành lấy mẫu bùn đáy với trọng lượng khoảng 50 - 100g đôi khi 200 - 300g). Các mẫu sau khi gia công đem phân tích hấp phụ nguyên tử, kích hoạt nơtron...

Sau khi có kết quả phân tích cần đưa lên bản đồ thuỷ địa hoá. Trên đó vạch ra những đường cùng hàm lượng và các dị thường hàm lượng.

- *Giải thích kết quả:*

Mối liên quan giữa VPT thuỷ địa hoá phóng xạ với tạo quặng phóng xạ rất phức tạp. Trước hết phải xác định hàm lượng nền của urani và các nguyên tố phóng xạ trong nước.

Trên cơ sở "nền địa hoá" sẽ xác định được VPT. Hàm lượng dị thường của VPT thường cao hơn hàm lượng nền một bậc.

Xác định mối quan hệ giữa VPT với tập trung quặng urani khá phức tạp. Do vậy phải chú ý đến các yếu tố địa chất, mức độ rửa mòn của đá, thành phần và tính chất của nước, động lực của nước, hướng và tốc độ dòng chảy, mức độ pha loãng nồng độ của các nguyên tố trong môi trường khác nhau...

12.5. LUẬN GIẢI KẾT QUẢ TÌM KIẾM ĐỊA HOÁ

12.5.1. Mô hình hoá các dị thường địa hoá

Khi sử dụng phương pháp mô hình hoá để nhận thức dị thường địa hoá cần bảo đảm các nguyên tắc sau:

- Nguyên tắc tiếp cận có hệ thống: Các yếu tố liên quan và khống chế quặng hoá liên hệ chặt chẽ với sự hình thành các dị thường địa hoá, vì vậy phải tiếp cận dần đến các đối tượng cần đánh giá.

- Nguyên tắc tương tự: mô hình cho phép suy đoán sự biến đổi của các nguyên tố tại những điểm không lấy mẫu.

- Nguyên tắc tổng quan: cho khả năng vạch ra những quy luật biến đổi của các yếu tố nghiên cứu theo không gian.

- Nguyên tắc thực hiện: các tính chất của mô hình phải phù hợp tính chất của đối tượng nghiên cứu.

12.5.2. Phương pháp luận giải

12.5.2.1. Xử lý và chọn thông tin

- Tiến hành xử lý thông tin tổng thể để vạch ra các diện tích cần nghiên cứu chi tiết, lựa chọn các nguyên tố có giá tin cao.

- Lựa chọn nguyên tố chỉ thị có khả năng tạo ra các vành phân tán.

Ngày nay, ta thường kết hợp phương pháp truyền thống và phương pháp hiện đại để giải quyết nhiệm vụ này.

- Phương pháp truyền thống thường tiến hành theo trình tự : chọn các nguyên tố "dị thường" có liên quan tới quặng hoá, các nguyên tố tương quan đặc trưng cho các đối tượng cụ thể. Áp dụng phương pháp toán thống kê để xác định giá trị nền (C_p), độ lệch tiêu chuẩn σ, các giá trị dị thường bậc 1 ($C_p + \sigma$), bậc 2 ($C_p + 2\sigma$) và bậc 3 ($C_p + 3\sigma$).

Để chọn nguyên tố chỉ thị có thể dùng "phương pháp trường đa trị", được tự động trên chương trình máy tính. Chương trình này bao gồm phân loại kết quả phân tích, phân lớp địa hoá các nguyên tố.

12.5.2.2. Xây dựng mô hình

- Lập mô hình nhận thức : để phân loại các kiểu VPT địa hoá trên diện tích có dị thường. Nhiều mô hình cho phép chỉ ra sự thành tạo các dị thường như:

+ Mô hình tổng quan về sự thành tạo các dị thường.

+ Mô hình phản ánh sự phân tán của các nguyên tố linh động trong vỏ phong hoá.

+ Mô hình phản ánh sự phân tán của các nguyên tố trong điều kiện có vật chất bở rời từ nơi khác đến.

Các mô hình nhận thức thông thường được thiết lập như sau:

+ Lựa chọn mô hình địa hoá cảnh quan.

+ Thành lập mô hình cụ thể dựa trên cơ sở các dữ liệu địa chất - địa hoá hiện có.

- Xây dựng mô hình đồ giải bao gồm:

+ Hệ thống mặt cắt địa chất địa hoá cắt qua dị thường.

+ Mặt cắt địa hoá vỏ phong hoá.

+ Bản đồ dị thường các nguyên tố chỉ thị, bản đồ tổng hoặc tích hàm lượng các nguyên tố chỉ thị, bản đồ Trend và độ lệch Trend.

- Xây dựng các mô hình toán học: nhằm diễn đạt các dị thường địa hoá theo thành phần, hàm lượng và quy luật biến đổi không gian của chúng.

12.5.2.3. Luận giải và khai thác mô hình

Đối tượng để luận giải trong tìm kiếm bằng phương pháp địa hoá là dị thường địa hoá khu vực và địa phương.

- Chuẩn đoán và đánh giá các dị thường : nếu vùng nghiên cứu có sự tương đồng với các diện tích "chuẩn" ta dùng phương pháp tương tự.

Nếu chưa có diện tích "chuẩn" để so sánh thì dùng kinh nghiệm và các tài liệu xử lý toán học để xây dựng các mô hình.

- Kiểm chứng thực tế : Sau khi có kết quả chẩn đoán và đánh giá sơ bộ các dị thường cần tiến hành kiểm chứng bằng thực địa:

+ Lấy mẫu kiểm tra trong các dị thường địa hoá đã xác lập.

+ Thi công một số công trình khai đào hay khoan để phát hiện các thân quặng ẩn, thân quặng chưa được phát hiện.

+ Đối sánh mô hình đã lập với mô hình chuẩn để khoanh diện tích có triển vọng, đề xuất phương hướng tìm kiếm thăm dò tiếp theo.

Chương XIII
PHƯƠNG PHÁP TRỌNG SA

13.1. CƠ SỞ CỦA PHƯƠNG PHÁP

Cơ sở của phương pháp trọng sa là VPT khoáng vật nặng và dấu hiệu địa mạo. Cơ sở đó được phân tích khá kỹ trong quyển "Phương pháp tìm kiếm khoáng sản rắn", Đặng Xuân Phong chủ biên, NXB Xây dựng, 2002; và trong giáo trình "Phương pháp tìm kiếm trọng sa" của Đặng Xuân Phong và Nguyễn Thị Trang, năm 2006.

13.2. PHƯƠNG PHÁP TIẾN HÀNH

13.2.1. Lập phương án

Phương án tìm kiếm trọng sa cũng giống như các phương án tìm kiếm khác thường gồm các phần:

1. Mục đích và nhiệm vụ.
2. Cơ sở địa chất và địa mạo.
3. Phương pháp khối lượng, yêu cầu kỹ thuật của phương pháp.
4. Dự trù vốn, nguyên vật liệu, thiết bị, cán bộ, công nhân.
5. Kế hoạch thi công phương án.
6. Kết luận.

13.2.2. Công tác ngoài trời

13.2.2.1. Quan sát và thành lập bản đồ (sơ đồ) địa chất - địa mạo

Trong các giai đoạn đầu của công tác tìm kiếm dựa vào bản đồ địa mạo chung để đánh giá triển vọng các mỏ sa khoáng. Trong vùng có triển vọng sa khoáng, người ta vẽ "bản đồ địa mạo chuyên"

Bản đồ địa mạo chuyên có những đặc điểm sau:

1- Có mục tiêu rõ ràng, nội dung có thể giải thích được các yếu tố cơ bản để phục vụ cho tìm kiếm.

2- Trên bản đồ địa mạo chuyên, có những yếu tố không có trong bản đồ địa mạo thường nhưng quan trọng cho công tác tìm kiếm cụ thể là:

a. Các yếu tố địa tầng, kiến tạo, thạch học trầm tích được thể hiện tỷ mỷ hơn.

b. Phải thể hiện các tài liệu khoáng sản và những yếu tố địa mạo liên quan với chúng, như các thân quặng, các vành phân tán...

c. Trong bản đồ địa mạo chuyên có thể đưa các yếu tố địa mạo.

Các yếu tố thể hiện trên bản đồ địa mạo chuyên:

1. Các yếu tố địa mạo

- Các kiểu hình thái địa hình được phản ánh bằng các màu chính làm nền. Các dạng địa hình cùng một hình thái được tô một màu với các sắc khác nhau. Thời gian tạo thành địa hình thể hiện bằng ký hiệu như các đường kẻ hay chữ chú thích.

- Các thung lũng sông suối hiện đại, các dạng địa hình như mương xói, sườn thung lũng, nón phóng vật, bãi bồi, doi cát, lạch sông, ghềnh thác, bờ xói mòn, bờ tích tụ... dùng màu và ký hiệu để thể hiện.

- Các dạng địa hình trên lưu vực sông: thể hiện những nét cơ bản theo yêu cầu bằng các ký hiệu.

2. Các yếu tố cổ địa mạo

- Các thung lũng cổ được thành tạo cùng với sa khoáng và chứa các sa khoáng cổ.

- Những bề mặt đồng bằng cổ trên lưu vực.

- Những thềm biển cổ (hồ cổ), các gờ biển, bãi biển, các tam giác châu cổ.

3. Các yếu tố cấu trúc

- Các miền nâng, hạ Tân Sinh, trùng hợp với miền vận chuyển và tích tụ trầm tích.

- Những phá huỷ kiến tạo liên quan đến các mỏ gốc.

4. Các yếu tố địa tầng và thành phần thạch học trầm tích

- Các trầm tích bở rời Đệ Tứ và trước Đệ Tứ có chứa sa khoáng.

- Những chỗ tập trung khoáng sản trung gian từ các trầm tích vụn có ý nghĩa công nghiệp hoặc nguồn cung cấp sa khoáng.

5. Các yếu tố động lực hiện đại ảnh hưởng đến quá trình thành tạo địa hình và các mỏ sa khoáng

- Đối với những vùng bờ biển hay bờ hồ, chủ yếu là hướng gió và tốc độ cực đại của gió.

6. Yếu tố tạo quặng

- Các mỏ gốc, sa khoáng được thể hiện bằng màu (để biểu thị loại khoáng sản), hình dạng: vuông, tròn, tam giác, thoi... (biểu thị nguồn gốc), kích thước các hình (biểu thị quy mô mỏ).

- Các tài liệu về hàm lượng khoáng vật trọng sa được đưa lên theo kiểu mỏ: thung lũng, thềm, bãi biển...

Hàm lượng biểu thị trên bản đồ bằng các con số mực màu trong những khung có hình dạng khác nhau.

7. Các yếu tố dự đoán khoáng sản

Khoanh các vùng triển vọng bằng các đường kẻ có màu tương ứng.

Tất cả những yếu tố nêu trên được biểu thị trên bản đồ, nhưng phải chọn những yếu tố cần thiết phù hợp với các loại khoáng sản và giai đoạn của công tác tìm kiếm.

13.2.2.2. Công tác lấy mẫu

** Lấy mẫu theo mạng sông suối:*

Để vẽ bản đồ trọng sa, người ta lấy mẫu theo mạng sông suối. Số lượng mẫu tuỳ thuộc vào tỷ lệ bản đồ. Các định hướng đó được giới thiệu trên bảng 13.1 và 13.2.

Bảng 13.1: Mật độ mạng lưới lấy mẫu trọng sa
(Theo N.M. Octromeneski và B. M. Coxov)

Tỷ lệ bản đồ	Số lượng mẫu trọng sa trên 100km^2		Tỷ lệ bản đồ	Số lượng mẫu trọng sa trên 100km^2	
	Từ	Đến		Từ	Đến
1 : 500.000	1	4	1 : 50.000	100	500
1 : 200.000	6	24	1 : 10.000	1200	2500
1 : 100.000	25	100	1 : 2.000	5000	Và hơn nữa

Bảng 13.2. Số lượng trung bình của hành trình,
điểm quan sát, số mẫu, số hố trên 1km^2

Giai đoạn tìm kiếm	Hành trình (km)	Điểm quan sát	Số lượng mẫu	Số lượng hố (m^3)
1- Giai đoạn khảo sát	12	1,5	2	
2- Tìm kiếm sơ bộ	1,5 - 2	3 - 4	2 - 2,5	0,4 - 0,5
3- Tìm kiếm chi tiết	4- 5	10 - 12	3 - 4	0,7

Khối lượng mẫu lấy ở lòng sông 0,02m^3, ở hố 0,05m^3

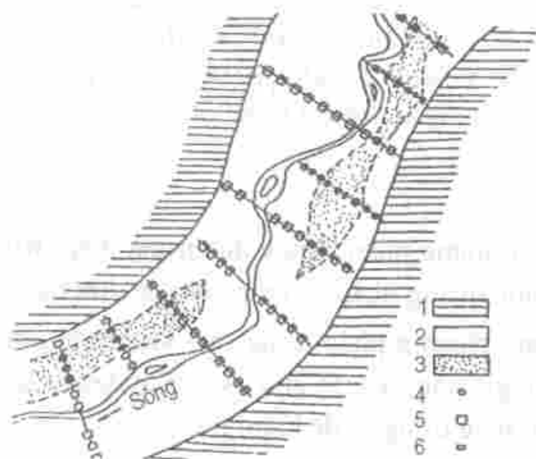
** Lấy mẫu khi tìm kiếm ở thung lũng:*

Trong các thềm sông, bãi bồi, doi cát lấy ngay trên mặt hoặc dùng những hố cạn, hào, giếng hay khoan. Trong trường hợp đó, người ta thường lấy mẫu thể tích hay mẫu luống và phân đoạn theo chiều sâu. Thường cứ 0,5m theo chiều sâu công trình người ta lấy toàn khối, đổ theo đống đều nhau quanh miệng công trình. Sau đó lấy mẫu điểm ở các đống với khối lượng tổng cộng 0,05m^3 để đãi.

Trong trường hợp trầm tích aluvi dày hay quá nhiều nước, việc thi công hào, giếng gặp khó khăn, người ta dùng khoan…

Khi tìm kiếm trong thung lũng người ta bố trí công trình theo tuyến, đặt thẳng góc với hướng vận chuyển của khoáng vật trọng sa.

Khoảng cách tuyến phụ thuộc vào tỷ lệ tìm kiếm, thăm dò và tính chất phức tạp của sa khoáng (hình 13.1).



Hình 13.1: *Sơ đồ thăm dò sa khoáng thung lũng*

1 - Bờ đá dốc; 2 - Thung lũng; 3 - Sa khoáng; 4 - Các giếng tìm hiểu tình hình địa chất; 5 - Các giếng thăm dò sơ bộ; 6 - Các giếng thăm dò chi tiết; Các giếng (tô đen) cắt qua thân khoáng, (không tô đen) không gặp sa khoáng

* *Lấy mẫu ở thềm sông:*

Việc lấy mẫu ở thềm sông có thể phát hiện các khoáng vật trong các bậc thềm giúp tìm ra mỏ gốc, hay có thể định hướng để tìm ra chúng.

Bản thân thềm sông nhiều khi chứa những tập trung sa khoáng có giá trị.

* *Lấy mẫu ở sườn tích, lũ tích và các thành tạo khác:*

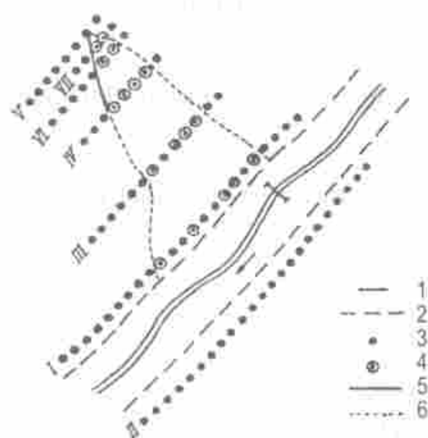
Đối với những khoáng vật ít bền vững, việc lấy mẫu trong sườn tích, tàn tích rất quan trọng, vì chỉ có những thành tạo đó mới có thể có giá trị công nghiệp.

Lấy mẫu trong các thành tạo này có ý nghĩa cho việc tìm kiếm các mỏ gốc, vì chúng phân bố gần thân quặng gốc.

Trong giai đoạn tìm kiếm chi tiết và tìm kiếm đánh giá các sa khoáng sườn tích phải lấy mẫu theo mạng lưới, lấy mẫu hết chiều dày trầm tích sườn.

Trong trường hợp đó, người ta lấy mẫu theo những tuyến có phương song song với chân núi. Các tuyến có thể cách nhau 50 - 200m tuỳ tỷ lệ tìm kiếm và diện tích sườn núi. Các công trình trên tuyến có thể cách nhau 10 - 20m (hình 13.2).

Việc lấy mẫu đó phải tiến hành tuần tự theo từng tuyến. Trên các tuyến đó có thể vạch được ranh giới của vành phân tán trọng sa.



Hình 13.2: Sơ đồ tìm kiếm sa khoáng sườn tích và mỏ gốc

1 - Ranh giới trên của sự phổ biến khoáng vật trong bồi tích; 2 - Ranh giới giữa bồi tích và sườn tích; 3 - Hố; 4 - Hố có gặp khoáng vật nặng; 5 - Mỏ gốc; 6 - Ranh giới sa khoáng sườn tích; số la mã là số tuyến

13.2.2.3. Rửa và đãi mẫu

Trước khi đãi phải rửa mẫu để làm trôi những phần khuấy đục trong mẫu. Rửa xong nhặt những hòn đá và quặng lớn ra. Các hòn quặng nhập vào mẫu đãi để tính hàm lượng.

Trong các vùng thiếu nước có thể dùng phương pháp trọng sa - kim lượng, nghĩa là lấy mẫu trọng sa với một khối lượng nhỏ, gia công và rút gọn một cách đơn giản sau đó phân tích bằng quang phổ và đãi một số ít mẫu trọng sa để kiểm tra.

13.2.3. Gia công mẫu

Gia công mẫu trọng sa thường làm ngay ngoài thực địa. Sau khi đãi mẫu xong người ta sấy khô dưới ánh nắng Mặt trời, gói vào bao mẫu, để số liệu mẫu, nơi lấy mẫu, người lấy mẫu bằng bút chì.

13.2.4. Công tác trong phòng

13.2.4.1. Phân chia mẫu

Trong mẫu trọng sa có nhiều loại khoáng vật vì thế phải phân chia mẫu ra các nhóm bằng các dụng cụ, thiết bị như sàng, nam châm, nam châm điện, các dung dịch nặng... Quy trình đó được giới thiệu trên sơ đồ hình 13.2.

Các khoáng vật có tính chất gần giống nhau gọi là "bè khoáng vật".

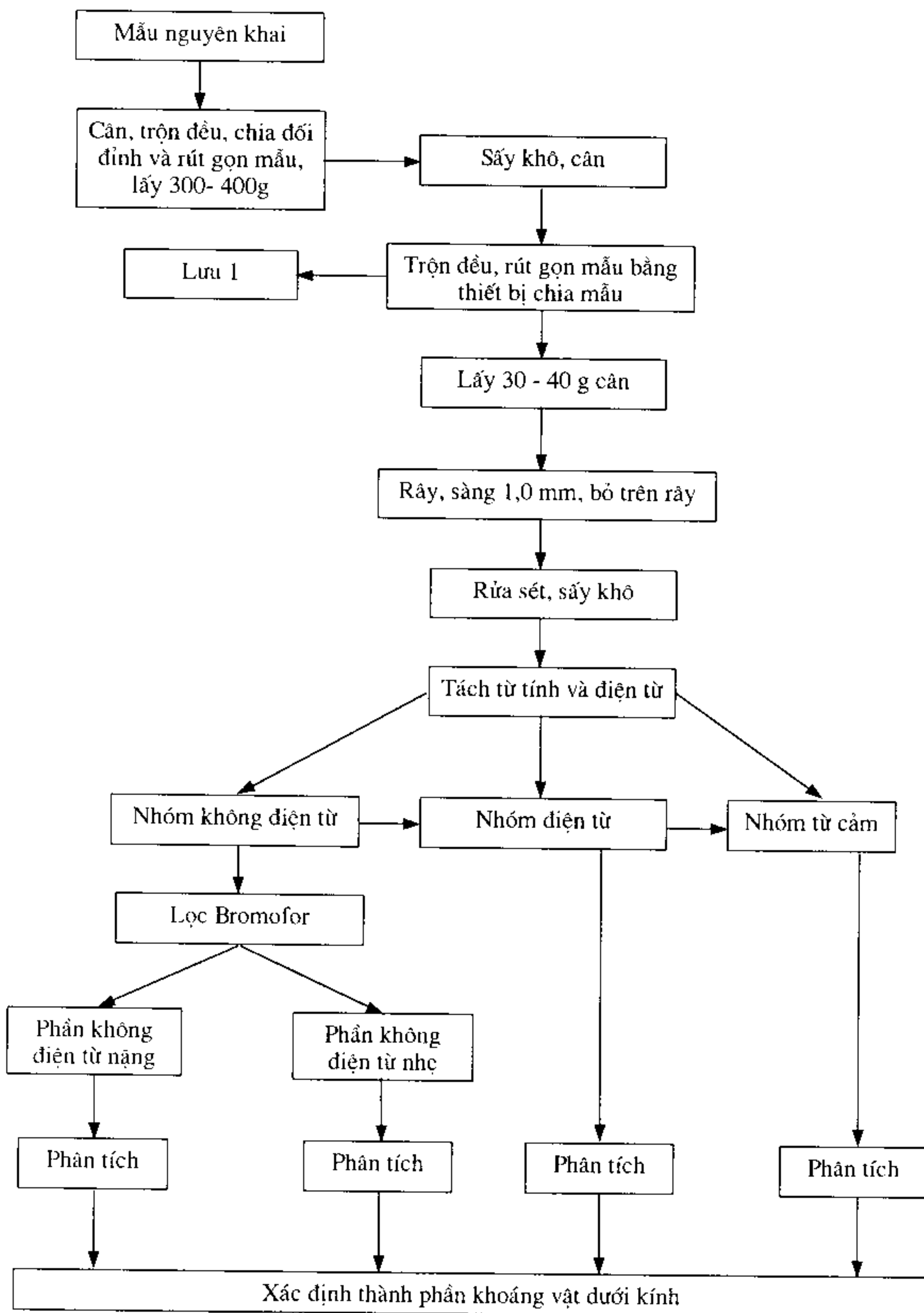
- Bè có từ tính: magnetit, titanomagnetit, pyrotin...

- Bè điện từ: pyroxen, amphibol, granat, turmalin, vezuvian, monazit, inmenit, hematit, cromit, wonframit.

- Bè nặng: các khoáng vật trong nhóm sunfur, casiterit, corindon, monazit, zircon, rutin, apatit, sphen, siderit, barit, topa, vàng, kim cương.

13.2.4.2. Phân tích và nghiên cứu mẫu

Sau khi phân chia ra các hạng và các bè khác nhau, người ta xác định từng khoáng vật trọng sa bằng kính hiển vi hai mắt hoặc dùng vi hoá và một số phương pháp khác.



Hình 13.3: *Sơ đồ phân chia khoáng vật mẫu dãi*

- Phân loại các khoáng vật trọng sa được giới thiệu trong phụ lục V.

- Các khoáng vật trọng sa xếp theo trọng lượng riêng (bảng 13.3).

- Các nhóm khoáng vật khác nhau xem các bảng 13.4, 13.5, 13.6, 13.7, 13.8, 13.9, 13.10, 13.11 (phụ lục V). Phương pháp xác định một số khoáng vật trọng sa phổ biến nhất được giới thiệu trong phần phụ lục V (bảng 13.12, 13.13, 13.14, 13.15, 13.16). Sau đó, tính hàm lượng của những khoáng vật chính. Hàm lượng được tính bằng số lượng hạt trong mẫu hay % trọng lượng.

Ở các giai đoạn tìm kiếm khái quát và sơ bộ ta tính số lượng hạt trong mẫu. Trong các giai đoạn sau ta tính hàm lượng theo đơn vị g/T, kg/T (hay m^3), đối với kim cương ta dùng đơn vị cara (1cara = 0,2g). Đôi khi ta phải nghiên cứu tính chất của khoáng vật trọng sa như : tổ hợp CSKV, hình dáng hạt, kích thước hạt, màu sắc, độ cứng, tính chất hoá học, lý học, dấu hiệu tiêu hình KV v.v...

13.2.4.3. Vẽ bản đồ trọng sa

Hiện nay người ta dùng 3 phương pháp thể hiện:

* *Phương pháp điểm:*

Đưa kết quả phân tích vào từng điểm tương ứng Các điểm được thể hiện bằng những chấm tròn và ghi số lượng khoáng vật trong mẫu đãi.

Phương pháp này đơn giản, nhưng khó nhìn ra các khu tập trung khoáng vật nặng rõ ràng.

* *Phương pháp vòng:*

Tại điểm lấy mẫu người ta vẽ một vòng tròn để biểu thị kết quả phân tích. Trên các vòng tròn đó người ta dùng màu sắc, kích thước để biểu thị cho loại khoáng vật và hàm lượng của nó.

Biểu thị theo những cách khác nhau:

- Cách I: Chia hình tròn thành các hình quạt đều nhau (hình 13.4a). Mỗi hình quạt ứng với một khoáng vật và được tô những màu khác nhau. Độ mở của cung biểu thị hàm lượng theo quy ước.

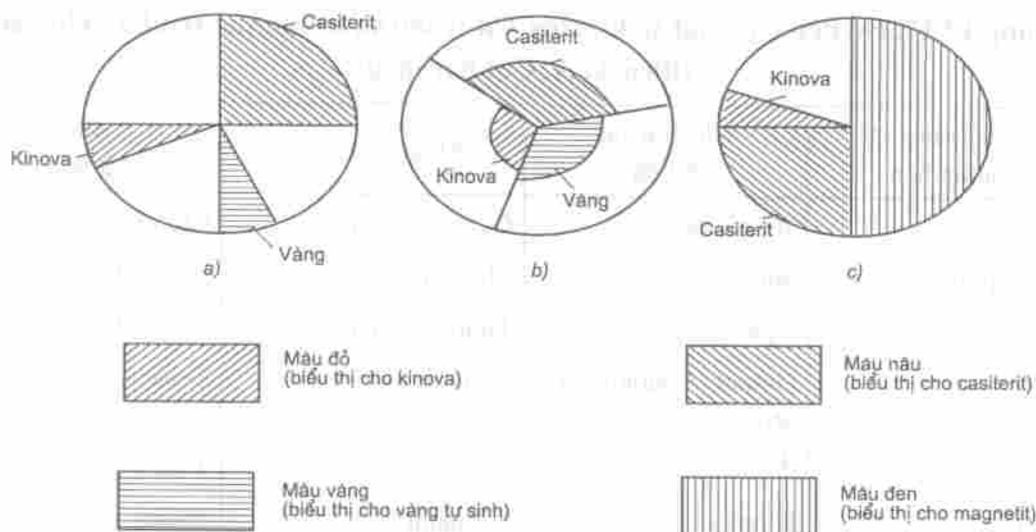
- Cách II: Chia vòng tròn thành những hình quạt đều nhau. Màu tương ứng cho khoáng vật. Số lượng hạt khoáng vật được biểu thị theo bán kính của cung (hình 13.4b).

- Cách III: Chia hình tròn ra các hình quạt không đều nhau. Mỗi hình quạt biểu thị một khoáng vật và tô màu tương ứng. Độ mở của hình quạt biểu thị cho hàm lượng (hình 13.4c).

* *Phương pháp dải:*

Tại mỗi điểm lấy mẫu người ta vẽ một dải. Chiều rộng của dải biểu thị hàm lượng khoáng vật. Cuối cùng người ta nối liền các điểm lấy mẫu thành một dải dài dọc sông suối.

Phương pháp này chỉ biểu thị cho một vài loại khoáng vật, mỗi loại tô một màu.



Hình 13.4: Cách biểu thị kết quả phân tích khoáng vật trọng sa bằng phương pháp vòng.

13.2.3.4. Tổng kết công tác tìm kiếm

Trong công tác tìm kiếm trọng sa quan trọng nhất là giải thích kết quả lấy mẫu, phân tích bản đồ trọng sa, dự kiến nguồn cung cấp khoáng vật nặng, đánh giá triển vọng vùng quặng hay điểm quặng và suy đoán mỏ gốc liên quan.

13.2.5. Phương pháp suy đoán mỏ gốc

Từ vị trí VPT trọng sa có thể suy đoán vị trí của mỏ gốc nhờ nghiên cứu độ bền, trọng lượng riêng, độ mài tròn của khoáng vật. Từ nghiên cứu THCSKV trong VPT có thể suy đoán được các thành tạo gốc; từ dấu hiệu tiêu hình khoáng vật và độ tập trung khoáng vật có thể biết được nguồn gốc và ý nghĩa của mỏ gốc. Từ những suy đoán đó lập các hành trình tìm kiếm từ những nơi có tích tụ sa khoáng lớn nhất cho đến lúc không còn khoáng vật sa khoáng trong mẫu đãi thì tiến hành tìm kiếm trên sườn và khoanh được các vành phân tán sườn tích và tàn tích. Các vành phân tán đó có liên quan chặt chẽ đến vị trí của thân quặng gốc.

13.2.5.1. Suy đoán khoảng cách từ sa khoáng tới mỏ gốc

- Độ bền của khoáng vật:

Các khoáng vật có độ bền khác nhau. Càng bền khoáng vật di chuyển được càng xa. Theo tài liệu của A. A. Cukharenco, độ bền của các khoáng vật trọng sa được giới thiệu trên bảng 13.17. Độ bền của các khoáng vật trong bảng tăng từ trái sang phải và từ trên xuống dưới.

- Trọng lượng riêng của khoáng vật:

Trọng lượng riêng của khoáng vật phụ thuộc chủ yếu vào trọng lượng nguyên tử hay ion cấu tạo nên khoáng vật đó. Ngoài ra chúng còn phụ thuộc vào kích thước của các ion.

Bảng 13.17. Độ bền của một số khoáng vật trọng sa trong quá trình di chuyển (theo A. A. Cukharenco)

Các khoáng vật không bền	Khoáng vật ít bền	Khoáng vật bền	Khoáng vật rất bền
Sphalerit	Wonframit	Garanat (Anmadin)	Cromit
Arsenopyrit	Sheelit	Magnetit	Hematit
Kinova	Apatit	Titanomagnetit	Limonit
Pyrit	Granat (Andradit và grosule)	Columbit	Topa
Olivin	Ortit	Sfen	Turmalin
Egyrin	Điopxit	Silimanit	Brukit
Hypecten	Actinolit	Leucoxen	Anata
Granat chứa Ti	Kianit	Inmenit	Epidot
Ogit	Barit	Xenotim	Spinen
Hocblen	Rutin	Monazit	Platin
Biotit	Stôvrolit	Casiterit	Vàng
			Zircon
			Corindon
			Kim cương

Tỷ trọng của các khoáng vật trong tự nhiên từ 1 - 23. Ví dụ, hổ phách: 1,0 - 1,1; muối mỏ: 2,1 - 2,5; thạch cao : 2,3; thạch anh: 2,65; kim cương: 3,5; các kim loại nặng: sphalerit: 4; pyrit: 5; anglezit: 6,4; casiterit: 7; kinova: 8; uraninit: 8 - 10.

Các kim loại tự nhiên có trọng lượng riêng lớn nhất, như đồng: 8,9; bismut: 9,7; bạc: 10 - 11; vàng: 15 - 19; bạch kim: 14 - 20; osmi và iridi: 17 - 23.

Đối với các khoáng vật trọng sa càng nặng càng gần mỏ gốc. Vì thế, các khoáng vật càng nhẹ và càng bền được mang đi càng xa.

Trọng lượng riêng của các KV trọng sa được giới thiệu ở bảng 13.18 (phụ lục V).

13.2.4.2. Độ mài mòn của khoáng vật

Độ mài tròn của khoáng vật trọng sa có ý nghĩa trong việc suy đoán mỏ gốc. Các khoáng vật trọng sa tàn tích chưa được mài tròn: trong sườn tích đã bị mài mòn ít nhiều: các khoáng vật được mang đi càng xa càng bị mài tròn mạnh.

Khi nghiên cứu độ mài tròn của các khoáng vật trọng sa chỉ cần phân biệt 3 mức: chưa bị mài tròn, ít bị mài tròn và mài tròn tốt.

Nếu trong mẫu đãi gặp các hạt khoáng vật không bị mài tròn, có thể suy đoán gần mỏ gốc. Nhưng để suy đoán chắc chắn hơn còn phải chú ý đến kích thước hạt khoáng vật.

13.2.4.3. Nguồn cung cấp khoáng vật cho sa khoáng

Trong các thân quặng gốc hay trong các đá khác nhau thường chứa những khoáng vật nặng vững bền khác nhau.

Trong các thân quặng gốc hay các loại đá khác nhau có các THCSKV khác nhau. Trong bảng 13.19 giới thiệu các tổ hợp khoáng vật đặc trưng trong mẫu đãi.

Bảng 13.19. Sơ đồ các tổ hợp khoáng vật đặc trưng trong mẫu đãi

Các khoáng vật có ích	Các khoáng vật đi cùng	Đá chính chứa khoáng sản
Platin, iridi, iridi chứa osmi, paladi	Picotit, inmenit, olivin, cromit, magnetit, đôi khi có kim cương	Đá siêu mafic (đunit, peridortit, serpentinit...)
Casiterit:	Tantaneobit, lepidolit, spodumen, turmalin, monazit,môlibđenit,	Các mạch pegmatit
+ Kiểu pegmatit	wonframit	
+ Thạch anh – casiterit	Wonframit, topa, turmalin, fluorit, beril, basobismut, sheelit.	Mạch thạch anh – greizen
+ Sunfur – casiterit	Sunfur (gần mỏ gốc), turmalin, clorit, magnetit, granat, limonit	Mạch thạch anh, đá thạch anh - turmalin, clorit, skarn, đá biến đổi nhiệt dịch.
Sheelit:		
+ Dạng mạch thạch anh chứa vàng	Vàng, sunfur (gần gốc)	Mạch thạch anh
+ Dạng skarn	Granat, pyroxen, sunfur (gần gốc), molibden, amphibol, vezuvian	Skarn
Beryl*	Fluorit, crizoberil, lepidolit, spodumen, fenarkit, topa, turmalin, wonframit, columbit, corindon, casiterit	Mạch và thấu kính pegmatit
Kinova	Fluorit, vàng **, sunfur	Mạch và đá thạch anh carbonat, cát kết
Kim cương	Inmenit, magnetit, platin, cromit, picotit, pirop, picroinmenit, cromdiopxit (gần mỏ gốc còn có olivin, serpentin)	Đá magma siêu mafic, đá bazantoit

Chú thích:

* Beryn rất hiếm gặp trong mẫu đãi, nhưng các tổ hợp đi cùng đôi khi có ý nghĩa.

** Vàng đi cùng kinova chỉ trong một số kiểu.

Một số tổ hợp khoáng vật điển hình xuất hiện khi phá huỷ một số nhóm đá và các mỏ đi với chúng được giới thiệu trên bảng 13.20.

Bảng 13.20. Các THKV trọng sa khi phá huỷ các đá và mỏ (theo V. I. Smirnov)

Các thành hệ	Các khoáng vật có giá trị	Các khoáng vật đi cùng chính
Granitoit	Inmenit, rutin, zircon, beryl, monazit	Granat, magnetit, sphen, apatit, pyroxen, amphibol
Pegmatit, granitoit	Casiterit, wonframit, tantanit, columbit, thorit, topa, beryl	Fluorit, turmalin, spodumen
Skarn granitoit	Magnetit, sheelit, casiterit	Granat (dạng đới), volastonit, vezuvian, điopxit, hedenbecgit, actinolit, tremolit, scapolit, datolit
Granitoit và các mỏ nhiệt dịch	Vàng, kinova, wonframit, casiterit	Barit, siderit
Plagiogranit-syenit	Rutin, inmenit, zircon, corindon, monazit, columbit	Magnetit, apatit, ortit, loparit, peropkit, egyrin, sphen, fluorit, pyroxen, amphibol
Gabro - điaba	Inmenit, leucoxen, titano – magnetit	Điopxit, ogit, hypecten, amphibol, apatit, spinel
Pyrosenit (serpentinit, đunit, peridolit)	Platin, osmi - iridi, inmenit, titanomagnetit	Olivin, bronzit, điopxit, ogit, cromspinel, magnetit, granat, amphibol
Peridotit	Kim cương, rutin, inmenit	Spinel, crompicotit, pirop. Cromdiopxit, magnetit, pyroxen, titanogit, fluorit
Siêu mafic - kiềm với carbonatit	Piroclor, apatit, inmenit, titanomagnetit, tantanniobit	Magnetit, ortit, focterit, sphen, titanogit, flogopit, peropkit, ananta, spinen, amphibol

Chương XIV
PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ

14.1. PHƯƠNG PHÁP ĐO TỪ

14.1.1. Cơ sở của phương pháp

Các loại đất đá có từ tính khác nhau. Đó là nguyên nhân gây ra bất thường từ. Độ từ cảm χ của đất đá thay đổi trong phạm vi khá rộng và phụ thuộc chủ yếu vào tỉ lệ khoáng vật sắt từ.

Để phát hiện bất thường từ, cần đo giá trị cường độ trường từ toàn phần ΔT hoặc thành phần thẳng đứng ΔZ. Để xác định từ tính của đất đá cần đo độ từ cảm χ, cường độ và phương từ hoá dư J_1. Đơn vị đo ΔZ, ΔT thường dùng là gamma (γ), hay đơn vị tương đương là nanotesla (nT), đơn vị đo χ tính theo 10^{-6} CGS.

Các máy đo từ được sử dụng ở nước ta : từ kế cơ quang (M - 27, M27M), từ kế proton (MPP - 203, MP-2, từ kế lượng tử (MMP - 303, M33, CZM - 2, MP - 3, MP3.4)...

14.1.2. Đo từ trên máy bay

Phương pháp này được dùng khá rộng rãi, nhất là khi vẽ bản đồ và tìm kiếm tỷ lệ 1 : 1.000.000 - 1 : 25.000.

Mục đích đo từ của giai đoạn này là tìm hiểu các phá huỷ kiến tạo, các đứt gãy, phân chia ranh giới địa chất, các vùng đá biến chất, magma và các tầng trầm tích.

Phát hiện các mỏ sắt, kim loại màu, kim loại hiếm... nằm trong các đới phá huỷ kiến tạo.

Đối với các tỷ lệ khác nhau người ta bố trí khoảng cách tuyến bay khác nhau, nhưng sao cho khoảng cách các tuyến trên bản đồ không nhỏ hơn 1cm. Như vậy với tỷ lệ 1 : 200.000 các tuyến bay cách nhau 2 - 4km và bay cao 500m. Tỷ lệ 1 : 50.000 - 1 : 25.000 là 500 - 1000m và 250 - 500m, bay cao 150 - 200m.

Đo từ máy bay có hiệu suất rất cao. Ví dụ, với tỷ lệ 1 : 200.000 trên diện tích 30.000km^2 chỉ cần 1 tháng.

14.1.3. Đo từ mặt đất

Tuyến trục trùng với đường phương của đối tượng; các tuyến đo thẳng góc với tuyến trục. Khi đo tỷ lệ 1 : 50.000 và 1 : 25.000 các tuyến trục cách nhau 3km, tỷ lệ 1 : 10.000 : 1km. Để đánh giá sai số đo thường tiến hành đo lặp từ 5 - 10%.

Để phát hiện các bất thường từ, khoảng cách giữa các tuyến phải nhỏ hơn nửa chiều dài bất thường, giữa các điểm đo phải nhỏ hơn nửa chiều rộng bất thường. Ở tỷ lệ 1 : 10.000, 1 : 25.000 hay 1 : 50.000 khoảng cách tuyến 250 - 1000m, các điểm đo 10 - 25 đến 50 - 100m; với tỷ lệ lớn 1 : 1.000, 1 : 2.000, 1: 5000, 1 : 10.000 khoảng cách tuyến 10 - 100m, khoảng cách điểm đo 1 - 2,5m đến 5 - 10m.

Để nghiên cứu tỷ mỷ các đối tượng nằm nông (< 10m), dùng phương pháp vi từ với mang lưới dày (1 × 1,3 và 3,5 × 5m), diện tích khảo sát mỗi chiều 10 - 50 m. Việc đo đạc và máy móc sử dụng cũng tương tự song đòi hỏi độ chính xác cao.

14.1.4. Phân tích tài liệu và giải thích kết quả

Người ta phân tích đặc điểm các bất thường từ trên bản đồ hoặc trên đồ thị, dự đoán đặc điểm cấu trúc địa chất và các đối tượng cần khảo sát. Trên cơ sở sự phân bố trường đo được dọc theo tuyến (đồ thị) hoặc theo diện tích (bản đồ đẳng trị), cần áp dụng các công cụ toán học để biến đổi trường như nâng trường, hạ trường, tính đạo hàm theo phương thẳng đứng, chuyển trường về cực... cũng như giải thích kết quả.

14.1.5. Phạm vi sử dụng

- Phương pháp đo từ rất có hiệu quả trong tìm kiếm thăm dò nhất là các mỏ sắt, mangan, đồng, nikel, bauxit, đa kim, các mỏ sa khoáng vàng, bạch kim, wonfram, thiếc...

- Khoanh các khối xâm nhập, phun trào mafic, siêu mafic, đá biến chất, các đứt gãy, đới phá huỷ...

- Xác định các phức nếp lồi, phức nếp lõm, các đứt gãy sâu, địa hình móng kết tinh.

- Nghiên cứu cấu trúc địa chất, nhất là các vùng bị phủ, các trầm tích Đệ Tứ, các vùng nằm dưới đầm, hồ, nước biển...

- Xác định chiều dày gần đúng của các trầm tích phủ trên móng uốn nếp và chiều sâu của móng.

- Nghiên cứu trường địa từ và cổ từ: cho phép giải quyết các nhiệm vụ liên quan đến cấu trúc vỏ Quả Đất, nghiên cứu sự phát triển của Quả đất, sự trôi dạt lục địa, tuổi đất đá...

14.2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN

Các phương pháp đo điện được áp dụng để đo vẽ bản đồ địa chất, tìm kiếm thăm dò mỏ, nghiên cứu địa chất thuỷ văn, địa chất công trình và nhiều nhiệm vụ khác... Chúng có thể được tiến hành trên mặt đất, trong giếng khoan, hầm lò, trên sông, trên biển...

Thăm dò điện bao gồm nhiều phương pháp khác nhau, phổ biến là:

14.2.1. Các phương pháp điện trở

- Giả sử trên mặt đất ta bố trí một hệ điện cực gồm 2 cực phát A, B và 2 cực thu M; N đối xứng nhau qua điểm O. Phát dòng điện có cường độ I qua điện cực A, B vào môi

trường đồng nhất có điện trở suất là ρ. Dưới tác dụng của dòng điện này, trong môi trường xuất hiện một điện trường và hiệu điện thế giữa 2 điểm MN tính được là:

$$\Delta U_{MN} = \frac{L.\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)$$

Từ đó xác định được: $\rho = K\frac{\Delta U_{MN}}{I}$

với $K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}$

K là hệ số của hệ cực, giá trị phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điện cực. Trong môi trường địa chất không đồng nhất, nếu vẫn sử dụng công thức này để tính thì sẽ được giá trị điện trở suất biểu kiến $\rho_k = K\frac{\Delta U}{I}$. Điện trở suất biểu kiến (ρ_k) là một đại lượng phụ thuộc vào đặc điểm của các đối tượng địa chất và kích thước, cách bố trí hệ điện cực.

Các máy đo điện dùng ở ta hiện nay là UJ - 18. VITIGESKA. DIAPIR - 10R, RAC - 8, các trạm DGJ - 1, VP-62, VPO - 62...

Hiện nay có 2 phương pháp điện trở:

14.2.1.1. Mặt cắt điện

Nghiên cứu sự thay đổi điện trở suất trong đất đá dọc theo tuyến đo khi giữ nguyên kích thước hệ điện cực và dịch chuyển toàn bộ hệ cực đó theo tuyến.

Phương pháp này áp dụng có hiệu quả ở các cánh của nếp uốn, các đới phá huỷ, các ranh giới tiếp xúc cắm dốc, điện trở suất của các thân quặng và đá vây quanh khác nhau rõ rệt. thân quặng có chiều dài lớn hơn chiều dày lớp phủ... Các kết quả đo được biểu diễn dưới dạng đồ thị ρ_k phụ thuộc vào toạ độ điểm đo

Dựa vào cách bố trí hệ cực mặt cắt đối xứng, mặt cắt lưỡng cực... được sử dụng để đo vẽ bản đồ địa chất từ tỷ lệ 1 : 10.000 hoặc lớn hơn, tuỳ vào chiều sâu khảo sát mà khoảng cách AB có thể thay đổi từ vài trăm mét đến hàng kilomet. Các phương pháp mặt cắt liên hợp, lưỡng cực, gradien trung gian... được ứng dụng để thăm dò các thân quặng sunfur, mạch pegmatit thạch anh, các vỉa than...) và đo vẽ bản đồ chi tiết.

14.2.1.2. Đo sâu điện

Nghiên cứu sự thay đổi điện trở suất biểu kiến trong môi trường đất đá theo hướng vuông góc với tuyến đo khi kéo dài khoảng cách giữa các cực phát và giữ nguyên điểm đo.

Phương pháp này được sử dụng để phân chia địa tầng, tìm kiếm thăm dò khoáng sản, nước ngầm, nghiên cứu nền móng công trình...

Khi đo ta giữ nguyên điểm đo và dịch chuyển các điện cực phát. Các điện cực thu cũng được mở rộng dần một cách thích hợp. Khi khoảng cách các cực phát càng lớn thì

dòng điện thấm vào đất đá càng sâu, điện trở suất biểu kiến đo được đặc trưng cho đất đá nằm ở chiều sâu tương ứng.

Khi phân tích định tính, người ta vẽ các đường cong đo sâu điện, từ đó xây dựng các mặt cắt và bản đồ như mặt cắt đẳng ôm, bản đồ các đường cong đo sâu, bản đồ đẳng ôm, bản đồ đàng giá trị ρ_k^{min} hoặc ρ_k^{max} ... Phân tích các mặt cắt và các bản đồ này cho phép làm sáng tỏ cấu trúc địa chất.

Phân tích định lượng là quá trình phân tích các đường cong đo sâu điện để xác định cụ thể các tham số môi trường như số lớp, giá trị điện trở suất ρ_i và bề dày h_i trong mỗi lớp. Để giải quyết vấn đề này trước tiên phải xây dựng các đường cong đo sâu lý thuyết với giả thiết đã biết số lớp trong môi trường, bề dày h_i và điện trở suất ρ_i của mỗi lớp.

14.2.2. Phương pháp nạp điện

Áp dụng để xác định hình dạng, kích thước các đối tượng địa chất dẫn điện tốt khi đã phát hiện được chúng qua các vết lộ, giếng khoan...

Người ta phóng điện vào vật thể qua một điện cực phát, điện cực còn lại được đưa ra xa "vô cùng", sự phân bố điện thế được xác định bằng các điện cực thu MN. Khi đo người ta bố trí tuyến trục theo phương giả định của đối tượng còn các tuyến khác bố trí vuông góc với tuyến trục. Khoảng cách giữa các tuyến bằng 1/3 - 1/4 kích thước vật thể dự kiến theo đường phương, thường 20,50 hoặc 100m. Có thể tiến hành đo thế và đo gradien. Khi đo thế, một điện cực thu đặt cố định ở xa đối tượng khảo sát coi như điện thế bằng không, còn điện cực thứ hai dịch chuyển theo tuyến. Kết quả xác định được sự phân bố điện thế so với điện cực cố định và biểu diễn thành các bình đồ, đồ thị hoặc bản đồ đường đẳng thế. Khi đo gradien, khoảng cách giữa điện cực thu MN được giữ không đổi và dịch chuyển cả 2 điện cực này dọc theo tuyến. Hiệu thế đo được giữa 2 điện cực thu xác định sự biến thiên điện thế. Ưu điểm là hạn chế được ảnh hưởng của nhiễu, nhưng vì năng suất thấp nên chỉ được áp dụng khi cần thiết.

Phương pháp nạp điện được áp dụng để thăm dò các đối tượng dẫn điện tốt như quặng sunfur, magnetit, grafit, các vỉa than antraxit, các vùng phá huỷ kiến tạo.

14.2.3. Phương pháp điện trường tự nhiên.

Nghiên cứu điện trường xuất hiện trong đất đá do quá trình điện hoá tự nhiên như ôxy hoá khử, ngấm lọc và khuếch tán - hấp thụ:

Các quá trình đó tạo ra một trường có điện trái dấu. Hiệu thế này càng mạnh khi các quá trình trên càng mạnh. Việc đo điện trường thiên nhiên được tiến hành theo tuyến. Khoảng cách giữa các tuyến nhỏ hơn vài lần chiều dài dự đoán của đối tượng. Các điểm đo được phân đều trên mỗi tuyến. Bước đo thường được chọn nhỏ hơn vài lần so với chiều sâu đến đối tượng và khoảng bằng kích thước ngang của chúng. Phương pháp này thường được tiến hành ở các tỷ lệ 1 : 50.000, 1 : 25.000. 1 : 10.000 và lớn hơn.

Việc đo điện thế tự nhiên cũng sử dụng điện cực không hoặc có phân cực thường tiến hành đo thế, trong điều kiện có ảnh hưởng của nhiễu thì cần dùng phương pháp đo gradien. Các kết quả đo đạc được biểu diễn dưới dạng các đồ thị theo tuyến hoặc bản đồ đẳng thế.

Phương pháp này dùng để tìm kiếm thăm dò quặng Sunfur, antraxit, graphit, vẽ bản đồ địa chất khi chiều dày lớp phủ nhỏ, xác định vị trí mặt nước (các sông hồ, đập nước...) nơi có các dòng thấm ngấm qua đáy.

14.2.4. Phương pháp phân cực kích thích

- Là phương pháp nghiên cứu điện trường thứ cấp trong đất đá và quặng trong trạng thái không ổn định do quá trình điện hoá gây khi ngắt dòng phát.

Dùng phương pháp này để nghiên cứu cấu trúc địa chất, tìm kiếm thăm dò quặng kim loại, phát hiện các đối tượng địa chất có độ phân cực khác nhau, các nhiệm vụ địa chất thuỷ văn và địa chất công trình, dự báo độ tổng khoáng hoá nước dưới đất trong trầm tích bở rời.

Khi phát dòng điện 1 qua điện cực phát AB thì ở điện cực thu MN đo được hiệu điện thế ΔU_{MN}. Nếu đột ngột ngắt dòng điện thì hiệu điện thế đo được không bị triệt tiêu tức thời mà suy giảm dần theo quy luật hàm mũ. Hiệu điện thế đo được sau khi ngắt dòng một khoảng thời gian nhất định gọi là thế phân cực kích thích ΔU_{PC}.

Xác định số phân cực η_k theo công thức:

$$\eta_k = \frac{\Delta U_{PC}}{\Delta U_{MN}} 100\%$$

Trong môi trường không đồng nhất, công thức trên vẫn được sử dụng và ta gọi đó là hệ số phân cực biểu kiến η_k. Độ phân cực biểu kiến η_k là đại lượng phụ thuộc vào vị trí và thể tích khối đất đá bị phân cực, vị trí kích thước hệ điện cực. Như vậy phương pháp phân cực kích thích khác với phương pháp điện trở là chúng không nghiên cứu ρ_k mà nghiên cứu độ phân cực biểu kiến η_i. Vì vậy, nó có khả năng phát hiện các đối tượng có điện trở ít khác với môi trường xung quanh và tìm kiếm các loại quặng xâm tán mà phương pháp điện trở ít hiệu quả.

Phương pháp này được tiến hành tương tự như phương pháp điện trở, nó cũng bao gồm phương pháp mặt cắt và đo sâu, tuy nhiên ngoài việc đo hiệu điện thế ΔU_{PC} và cường độ dòng điện I để xác định ρ_k còn phải xác định hiệu điện thế ΔU_{PC} để tính η_k. Các loại máy đo dùng trong phương pháp này thường là VP-62. VPS-63. DWJ-2. DIAPIR.DGJ-1.SYNCAL-R2...

Ngoài ra còn dùng phương pháp dòng điện biến đổi, phương pháp trường chuyển, phương pháp chiếu sóng vô tuyến.

14.3. PHƯƠNG PHÁP PHÓNG XẠ

14.3.1. Cơ sở của phương pháp

Thăm dò phóng xạ nghiên cứu các hiệu ứng bức xạ tự nhiên của đất đá và quặng có chứa các nguyên tố phóng xạ, hoặc nghiên cứu quá trình tương tác giữa bức xạ phóng xạ nhân tạo với hạt nhân nguyên tử của các nguyên tố tạo đá nhằm giải quyết các nhiệm vụ địa chất khác nhau.

Trong quá trình phóng xạ chúng phát ra bức xạ anpha (α), beta (β) hoặc gamma (γ). Các hạt α có khả năng ion hoá rất mạnh và khả năng đâm xuyên yếu. Trong không khí, chúng chỉ đi qua được $3 \div 10$cm và trong đất đá không vượt qua được lớp mỏng vài chục micron. Tia β có khả năng ion hoá kém hơn nên khả năng đâm xuyên lớn hơn, trong không khí tia β có thể đi qua 1 - 2m, còn trong đất đá thường không xuyên qua được 1cm. Bức xạ γ có khả năng ion hoá rất kém nhưng khả năng đâm xuyên lớn, chúng có thể xuyên qua lớp không khí hàng trăm mét và lớp đất đá dày 50-60cm.

Trong đá magma, hàm lượng các nguyên tố phóng xạ tăng dần từ các đá mafic đến axit. Các nguyên tố urani, thori có phổ biến trong đá magma dạng xâm tán. Ở các vùng tiếp xúc, những đới biến đổi nhiệt dịch, đới cà nát, đứt gãy… nồng độ các nguyên tố phóng xạ thường cao.

Trong quá trình phân huỷ một lượng đáng kể tích tụ trong đất trồng với nồng độ khác nhau. Ở khu vực gần các mỏ urani, thori, kali... thường phát hiện vành phân tán phóng xạ.

Cường độ bức xạ γ bị suy giảm rất nhanh do đó các lớp phủ dày thường hạn chế hiệu quả đo phóng xạ. Ngoài phạm vi thân quặng, cường độ bức xạ γ giảm rất nhanh vì vậy phải theo dõi liên tục trên cả hành trình khảo sát. Ở các vùng có các đới phá huỷ kiến tạo, đứt gãy… khí phóng xạ dễ thoát qua lớp phủ bở rời thì áp dụng phương pháp khí phóng xạ, detector vết có hiệu quả hơn phương pháp gamma.

Điều kiện thuận lợi để áp dụng phương pháp phóng xạ là vùng địa hình chia cắt, mạng lưới sông suối dày, lớp phủ mỏng (< 1 - 2m).

14.3.2. Phạm vi áp dụng

Phương pháp phóng xạ dùng để tìm kiếm các mỏ kim loại phóng xạ (urani, thori, đất hiếm), các mỏ có cộng sinh với nguyên tố phóng xạ (kim loại hiếm, sa khoáng titan có monazit và zircon, các mỏ trầm tích chứa vanadi và molibden, phosphorit, than, đá phiến cháy, pegmatit chứa nguyên tố hiếm, các mỏ đa kim, molibden, wonfram…). Nó còn giải quyết các nhiệm vụ khác như phát hiện các ranh giới địa chất, khoanh các loại đá, các đứt gãy, điều tra địa chất môi trường, xác định tuổi và thành phần đất đá…

14.3.3. Đo phóng xạ máy bay

Chủ yếu đo độ gamma của đá từ máy bay và bay sát mặt đất để phân chia các loại đá, các dị thường phóng xạ

Người ta dùng một trạm địa vật lý phóng xạ đặt trên máy bay. Phương pháp này tiến hành ở những tỷ lệ khác nhau để tìm các mỏ phóng xạ và các cấu trúc chứa dầu mỏ.

Các dị thường của phương pháp này phải được các phương pháp phóng xạ trên mặt đất kiểm tra.

14.3.4. Đo phóng xạ mặt đất

Đó là phương pháp γ, nhưng có thể kết hợp đo β và γ.

Phương pháp đo γ có những ưu, nhược điểm sau:

- *Ưu điểm:*

1. Dụng cụ đo đơn giản, dễ mang.
2. Có khả năng xác định độ phóng xạ một cách liên tục khi di động máy dọc mặt cắt.
3. Năng suất cao.

- *Nhược điểm:*

1. Khi lớp phủ mỏng hơn 0,5m thì phương pháp này hạn chế.
2. Kết quả đo phụ thuộc vào cân bằng phóng xạ vì 98% bức xạ gamma là sản phẩm phân huỷ của radi, nên sản phẩm phân huỷ urani có thể không phát hiện được.
3. Không có khả năng xác định trực tiếp bản chất của phóng xạ là urani hay thori.

Các loại máy đo gamma thường dùng hiện nay là CRP 68 - 01. CRP 88H (Nga). Khi khảo sát ở tỷ lệ trung bình, quá trình đo gamma được tiến hành theo lộ trình địa chất, ven sông suối hoặc đường mòn, ở tỷ lệ lớn cần đo theo điểm trên mạng lưới. Khi đo, khoảng cách giữa phóng xạ kế và mặt đất không quá 5 cm. Ở vùng có triển vọng có thể đo trong hố đào và khoan nông, lỗ được đục bằng choòng hay khoan tay có chiều sâu 0,3 - 3m. Các điểm đo kiểm tra chiếm 5 - 10% tổng các điểm đo.

Mạng lưới khảo sát được giới thiệu ở bảng 14.1.

Bảng 14.1. Mật độ mạng lưới phóng đo phóng xạ mặt đất

Tỷ lệ khảo sát	Khoảng cách tuyến (m)	Khoảng cách điểm đo (m)
1 : 50.000	500	50 – 100
1 : 25.000	250	10 - 25- 50
1 : 10.000	100	10 – 20
1 : 5.000	50	5 – 10
1 : 2.000	20	2 – 5
1 : 1.000	10	1 – 2

Kết quả được biểu diễn dưới dạng đồ thị cường độ gamma, bản đồ đẳng trị gamma. Gam màu biểu diễn hàm lượng phóng xạ thay đổi từ màu vàng gạch (hàm lượng thấp), màu xanh (trung bình), màu nâu, tím, hồng (cao), màu đỏ (rất cao).

14.3.5. Phương pháp phổ gamma

Đo bức xạ gamma tự nhiên theo các mức năng lượng do đó có thể xác định được hàm lượng U, Th, K trong đất đá và quặng.

Các nguyên tố phóng xạ khác nhau có mức năng lượng γ đặc trưng cho nguyên tố đó. Ví dụ mức năng lượng γ chủ yếu của kali là 1,46 MeV, thori 2,62 MeV, urani 1,76 MeV...

Khi đo phổ γ cần chọn các khoảng năng lượng thích hợp mà trong khoảng đó bức xạ γ của nguyên tố cần xác định trội hơn cả. Khoảng năng lượng được chọn gọi là "cửa sổ" năng lượng. Trong thực tế đo phổ γ người ta chọn 3 cửa sổ và đặt tên tương ứng với các nguyên tố trội nhất trong khoảng năng lượng đó như cửa sổ kali (Eγ = 1,35 - 1,55MeV), urani (Eγ = 1,65 - 1,85MeV), thori (Eγ = 2,4 - 2,8 MeV).

Phương pháp phổ gamma có thể tiến hành trên không, biển, mặt đất... Khi khảo sát địa chất tỷ lệ trung bình và tỷ lệ lớn người ta thường đo phổ gamma mặt đất để phân tầng đất đá; tìm kiếm thăm dò các mỏ phóng xạ, các mỏ cộng sinh hoặc đồng hành với các nguyên tố phóng xạ, phát hiện các đới dập vỡ, đứt gãy...

Máy đo thường dùng loại đơn kênh GAD - 1 và 4 kênh GAD - 6, GAD - 12 (Canada).

Có thể đo phổ gamma theo lộ trình, theo diện tích, theo tuyến hoặc trong các hố đào ở vùng triển vọng có lớp phủ dày. Tỷ lệ và mật độ mạng lưới quan sát tương tự như phương pháp gamma tổng tuy nhiên khoảng cách điểm đo thường dày hơn.

Kết quả được biểu diễn bằng các đồ thị, sơ đồ, bản đồ đẳng trị hàm lượng urani, thori, kali. Dị thường urani được thể hiện bằng màu đỏ, thori màu xanh và kali màu vàng. Trên các sơ đồ và bản đồ cần thể hiện các yếu tố địa chất như ranh giới, thành phần các đá, đứt gãy, vành phân tán địa hoá. Dị thường phổ gamma được chia thành 3 loại: dị thường mạnh (biên độ lớn hơn 3 lần giá trị phông trung bình, trung bình 2 - 3 lần và yếu xấp xỉ phông).

14.3.6. Đo gamma công trình

Đo gamma và phổ gamma với màn chắn thích hợp trong các vỉa lộ hoặc các công trình khai đào để xác định bề dày và hàm lượng các nguyên tố phóng xạ trong thăm dò. Màn chắn được làm bằng chì để bọc đầu dò, chỉ chừa một sửa sổ nhỏ ở vị trí trung tâm nhằm tránh các bức xạ xung quanh ảnh hưởng đến kết quả đo.

Trong tìm kiếm thăm dò quặng urani, thori... có thể đo theo trục công trình với khoảng cách điểm đo 1 - 5m hoặc đo theo tiết diện công trình (lò) với số điểm 6 - 8 điểm, khoảng cách giữa các điểm đo 0,5 - 0,6m. Trường hợp đặc biệt khi chiều dày và hàm lượng quặng thay đổi lớn thì cần đo với mạng lưới dày hơn (khoảng cách tuyến 0,5 - 1m, điểm 0,2 - 0,5m).

Đo gamma và phổ gama công trình chỉ khảo sát các quặng phóng xạ và các quặng cộng sinh ở giai đoạn tìm kiếm đánh giá và thăm dò. Các máy móc thiết bị được sử dụng tương tự như trên mặt đất. Diện tích khảo sát là bề mặt vết lộ, đáy và vách của hào, giếng, nóc và vách của lò có thân quặng cắt qua. Mạng lưới ô vuông 0,5 × 0,25m. Sau khi phát hiện được dị thường cần khảo sát trên một tuyến phân tích qua tâm dị thường.

Khoảng cách các điểm trên tuyến là 10 - 20cm. Các kết quả đo được xây dựng thành biểu đồ dùng để xác định bề dày và hàm lượng quặng.

14.3.7. Đo khí phóng xạ

Phương pháp đo khí phóng xạ (eman) nhằm nghiên cứu nồng độ các chất khí phóng xạ như radon (Rn), actini (Ac), toron (Tr) trong các lớp đất nhằm điều tra địa chất, tìm kiếm khoáng sản và nghiên cứu môi trường...

Phương pháp này được sử dụng để tìm kiếm các thân quặng urani, thori và các khoáng sản cộng sinh hoặc đồng hành với các nguyên tố phóng xạ nằm dưới lớp phủ: phát hiện các đứt gãy, ranh giới đất đá. Nó có thể phát hiện được quặng phóng xạ ở độ sâu tới 10m. Nhược điểm là cần các dụng cụ phức tạp và phải hút khí.

Đối tượng là đo bức xạ α của radon va toron. Khả năng đâm xuyên của α rất yếu nhưng khả năng ion hoá và lan truyền đáng kể. Radon có chu kỳ bán rã 3,8 ngày và có thể lan truyền xa đối tượng hàng chục mét, trong điều kiện thuận lợi (có đới phá huỷ, đứt gãy...) có thể lan truyền xa hơn. Khí toron có chu kỳ bán huỷ 54,5s nên thường không đi xa khỏi đối tượng nghiên cứu.

Tại mỗi điểm đo, người ta cắm các ống hút khí xuống sâu khoảng $0,5 \div 4$m, khí dưới đất được bơm hút lên và đưa vào buồng ion hoá. Dùng phóng xạ kế để đo nồng độ phóng xạ của mẫu khi đo nồng độ bình thường của khí radon trong lớp đất màu khoảng từ 2 - 4 êman, nếu kể cả nồng độ của toron thì có thể đạt tới $10 \div 15$ eman. Trên vùng có VPT phóng xạ hoặc trên thân quặng , nồng độ chất khí phóng xạ có thể thay đổi từ vài chục đến hàng nghìn eman. Trên cơ sở kết quả đo cần tính nồng độ khí phóng xạ, tính phông, sai số đo và xác định dị thường. Các kết quả được biểu diễn dưới dạng đồ thị theo các tuyến, bản đồ đẳng trị hàm lượng khí phóng xạ.

Máy đo: Radon - 82, PGA - 01P (Nga), RDA - 200 (Canada) và RADON (Việt Nam).

Phương pháp khí phóng xạ được dùng trong các giai đoạn tìm kiếm thăm dò ở các tỷ lệ trung bình và tỷ lệ lớn theo các mạng lưới như đo γ mặt đất. Người ta có thể đo theo các dạng khác nhau tuỳ đối tượng và giai đoạn tìm kiếm.

- Đo khí phóng xạ theo tuyến thường dùng để chẩn đoán.

- Trong tìm kiếm chi tiết, có thể đo theo mạng lưới để phát hiện các mỏ mới. Mật độ mạng lưới từ 1000×5m đến 100×5m. Để theo dõi các thân quặng riêng biệt có thể áp dụng mạng lưới dày hơn từ 100×5m đến 10×5m.

- Đo khí phóng xạ ở sâu dùng khi địa hình đá gốc không được bằng phẳng. Người ta khoan đến đá gốc và lấy mẫu theo một mạng lưới nhất định.

- Đo khí phóng xạ ở lỗ khoan

- Đo khí phóng xạ trên công trình khai đào

- Đo khí phóng xạ của nước.

14.4. PHƯƠNG PHÁP TRỌNG LỰC

14.4.1. Cơ sở của phương pháp

Thăm dò trọng lực nghiên cứu sự phân bố trường trọng lực do các đối tượng địa chất có mật độ đất đá khác nhau gây ra. Giả sử trong Quả Đất có một vật thể nào đó thì theo định luật Niutơn giữa Quả Đất và vật thể đó tồn tại lực hấp dẫn và đó là nguyên nhân tạo nên trường trọng lực. Ngoài lực hấp dẫn F, vật thể còn chịu tác động của lực ly tâm C. Mặc dù trọng lực G là tổng hợp lực của 2 lực này song vì lực ly tâm rất nhỏ nên trọng lực G hầu như được xác định bởi lực hấp dẫn F. Nếu xét vật thể có khối lượng bằng đơn vị (m = 1) thì lực này được đặc trưng bởi thứ nguyên của gia tốc trọng lực g = G/m. Trong thăm dò trọng lực, người ta coi gia tốc trọng lực g là giá trị trọng lực. Đơn vị đo giá trị trọng lực là Gal (1Gal = 1cm/s^2). Trong thực tế, thường dùng đơn vị nhỏ hơn 1mGal = 10^{-3} Gal.

Để xác định các bất thường trọng lực do các đối tượng địa chất gây ra cần đưa giá trị trọng lực đo được ở các mức địa hình khác nhau về mặt địa cầu thể để so sánh với giá trị bình thường đã được tính trên mặt này. Quá trình này gọi là hiệu chỉnh trọng lực. Hiệu số giữa giá trị trọng lực đo được sau khi đã hiệu chỉnh với giá trị trọng lực bình thường gọi là bất thường trọng lực Δg.

Trong thực tế cần hiệu chỉnh địa hình Δg_{dh}, hiệu thế lớp giữa Δg_{lg} hiệu chỉnh độ cao Δg_{c}.

Bất thường trọng lực sau khi tính hiệu chỉnh gọi là bất thường Bughe Δg_{b}:

$$\Delta g_b = g_d + (\Delta g_{dh} + \Delta g_{lg} + \Delta_{gc}) - \gamma_0$$

Sự khác nhau về mật độ đất đá là nguyên nhân gây ra bất thường trọng lực. Mật độ đất đá (trọng lượng riêng - d) được xác định bằng tỷ số giữa khối lượng (m) và thể tích (V). Trong hệ CGS mật độ được tính bằng g/cm^3.

Máy đo : GAK 3M. GAK 4M, GAK 4V, GAK PT, KVG 1M, GAK 7N, GAK 7T...

14.4.2. Phương pháp tiến hành

Khi quan sát ngoài thực địa, người ta sử dụng mạng lưới tựa và mạng lưới thường:

- Mạng lưới tựa gồm một số điểm phân bố đều trên toàn vùng, giá trị trọng lực được xác định với độ chính xác cao, liên kết được với nhau và tạo nên các đa giác khép kín.

- Mạng lưới thường gồm tất cả các điểm đo. Nếu đo theo diện tích thì cần phân bố đều, nếu đo theo tuyến thì cần đảm bảo khoảng cách quy định giữa các điểm. Mạng lưới thường có số điểm đo nhiều gấp hàng chục lần số điểm tựa.

Sau khi đo cần xử lý sơ bộ để nhận được bất thường Bughe. Các kết quả được biểu diễn trên bản đồ đẳng trị Δg hoặc trên bản đồ, đồ thị theo tuyến.

Để nâng cao hiệu quả người ta xử lý tài liệu bằng thuật toán nhận dạng, biến đổi trường. Từ phân tích định tính, tiến hành các tính toán định lượng để tìm ra mối quan hệ giữa bất thường trọng lực với các số liệu cụ thể như hình dạng, kích thước, độ sâu thế nằm của vật thể, mật độ dư của chúng so với môi trường xung quanh. Với sự phát triển của công nghệ tin học, hiệu quả công tác phân tích tài liệu ngày càng cao.

14.4.3. Phạm vi áp dụng

Phương pháp trọng lực thường áp dụng với phương pháp từ để phát hiện các cấu trúc chứa quặng, khoanh các đá xâm nhập, phát hiện đứt gẫy, phân chia vùng quặng và các đới chứa quặng, tìm kiếm trực tiếp các thân quặng, xác định bề dày các trầm tích, tìm kiếm các cấu tạo thuận lợi cho việc tích tụ dầu khí, nghiên cứu cấu trúc các bể than, các vòm muối, ranh giới giữa quặng và đá. Nó còn được sử dụng để nghiên cứu hình thái và cấu trúc bên trong của Quả Đất, xác định bề dày và đặc điểm vỏ Quả Đất, phân chia ranh giới các lớp bazan, granit và trầm tích, đo vẽ bản đồ địa chất, phân vùng kiến tạo, theo dõi các lớp có mật độ khác nhau, xác định các đới đứt gãy, các yếu tố uốn nếp, xác định chiều sâu móng kết tinh.

14.5. PHƯƠNG PHÁP ĐỊA CHẤN

14.5.1. Cơ sở của phương pháp

Thăm dò địa chấn là nghiên cứu đặc điểm trường sóng dao động đàn hồi trong môi trường đất đá nhằm giải quyết các nhiệm vụ địa chất khác nhau.

Có hai phương pháp chính là địa chấn phản xạ và địa chấn khúc xạ. Chúng có thể được áp dụng trên đất liền, trên biển, trong hầm lò hoặc trong các giếng khoan...

Các loại đất đá khác nhau có tốc độ truyền sóng khác nhau. Các lớp đất trồng có tốc độ khoảng 300 - 1000m/s, đá kết tinh: 4000 - 6000m/s. Sự khác biệt về tốc độ truyền sóng của đất đá phụ thuộc vào nhiều yếu tố như thành phần thạch học, điều kiện thành tạo, chiều sâu thế nằm, độ rỗng, độ ngậm nước.

14.5.2. Phương pháp tiến hành

Khi tiến hành đo địa chấn trên đất liền, loại nguồn chấn động phổ biến là nổ mìn trong giếng khoan. Khi nghiên cứu ở độ sâu không lớn còn sử dụng một số loại nguồn không nổ như đập, rung... Việc dùng nguồn không nổ có hiệu suất kinh tế cao, ít nguy hiểm và có thể tiến hành ở những nơi có các công trình xây dựng. Để thu sóng, người ta thường tiến hành ghi dao động bằng các máy thu đặt trên tuyến và ghi các dao động đó lên băng địa chấn. Ngày nay người ta sử dụng các trạm địa chấn nhiều mạch để có thể ghi nhận đồng thời các dao động ở nhiều điểm khác nhau dưới dạng ghi liên tục hoặc ghi số, điều này cho phép tiến hành xử lý trên máy tính một một cách thuận lợi và nhanh chóng.

Nhiệm vụ xử lý và phân tích tài liệu là hình thành các lát cắt địa chấn, phân tích chúng một cách tỉ mỉ để xây dựng các loại lát cắt và bản đồ khác nhau, đưa ra những kết luận về địa chất.

14.5.3. Phạm vi áp dụng

Phương pháp địa chấn được áp dụng có hiệu quả để giải quyết nhiều nhiệm vụ đặc biệt là trong thăm dò dầu khí. Trong tìm kiếm thăm dò khoáng sản rắn, dùng ít hơn vì

giá thành cao. Tuy nhiên với các thiết bị ghi số gọn nhẹ, ít mạch, nguồn nổ nhỏ hoặc kích thích bằng va đập có thể sử dụng phương pháp địa chấn khúc xạ, phương pháp địa chấn phản xạ có độ phân giải cao khi khảo sát bản đồ tỉ lệ lớn một cách có hiệu quả.

14.6. ĐỊA VẬT LÝ LỖ KHOAN

14.6.1. Cơ sở và phạm vi ứng dụng

Các phương pháp địa vật lý trong lỗ khoan còn gọi là phương pháp carota.

Phương pháp này giống như các phương pháp địa vật lý trên mặt nhưng tuyến quan sát được bố trí dọc thành giếng khoan xuyên vào lòng đất.

Carota được áp dụng để phân chia cột địa tầng giếng khoan, xác định vị trí và bề dày của các vỉa quặng, liên kết địa tầng, xác định các tham số vật lý của đất đá, làm sáng tỏ đặc điểm cấu trúc môi trường... Ngoài các nhiệm vụ địa chất, carota còn xác định trạng thái kỹ thuật của lỗ khoan: đường kính, độ lệch, thử vỉa, trong một số trường hợp có thể khoan phá mẫu nhưng vẫn lấy được tài liệu.

Trong các phương pháp địa vật lý giếng khoan khác nhau, các phương pháp điện và phóng xạ được áp dụng rộng rãi nhất.

14.6.2. Các phương pháp điện trở

Phương pháp này tương tự như đo mặt cắt điện trên mặt đất nhưng đo dọc thành giếng khoan.

Để tiến hành ta bố trí một điện cực phát và hai điện cực thu vào trong giếng khoan, điện cực phát còn lại đặt trên mặt đất. Có hai cách bố trí hệ điện cực là hệ điện cực thế và hệ điện cực gradien.

Khi dùng hệ điện cực thế, ta bố trí một điện cực thu gần điện cực phát (thường là $0,4 \div 1,5$m) để xác định được điện thế do điện cực phát tạo ra còn điện cực thu thứ hai thì xa nên coi như điện thế bằng 0. Trong hệ điện cực gradien, ta bố trí 2 điện cực thu gần nhau (nhỏ hơn $5 \div 10$ lần khoảng cách đến điện cực phát), vì vậy đo được hiệu điện thế giữa 2 điện cực thu do điện cực phát ra.

Khi muốn nghiên cứu điện trở thực của đất đá và phạm vi các đới thấm xung quanh giếng khoan thì sử dụng phương pháp đo sâu điện trong giếng khoan. Khi đo tại mỗi vị trí cần đo trong giếng khoan ta phải thay đổi kích thước hệ điện cực bằng cách tiến hành đo nhiều lần với các kích thước hệ cực khác nhau. Quá trình phân tích tương tự như phương pháp đo sâu điện trên mặt.

Ngoài các phương pháp trên, ta còn dùng phương pháp vi hệ cực, đo điện trở suất dung dịch, điện trường tự nhiên, cảm ứng điện từ hay phương pháp điện. Người ta còn dùng các phương pháp khác như phương pháp gamma tự nhiên, phóng xạ nhân tạo, gamma - gamma, nơtron - gamma, phương pháp âm học trong lỗ khoan cũng như đo nhiệt, đo độ nghiêng, độ lệch và đường kính lỗ khoan.

Chương XV

CÔNG TRÌNH KHAI ĐÀO VÀ KHOAN

Công trình khai đào và khoan có thể quan sát một cách trực tiếp đá gốc, thân khoáng, nghiên cứu cấu trúc địa chất, hình thái thân khoáng, các biến đổi về hình dáng, cấu trúc và thành phần của quặng theo dõi và khoanh ranh giới thân quặng, đới khoáng hoá , lấy các loại mẫu. Đó cũng là phương tiện để kiểm tra các dị thường vật lý, địa hoá, và tìm các thân quặng ẩn, nghiên cứu ranh giới địa chất, cấu trúc địa chất.

Tuỳ yêu cầu công tác ưu khuyết điểm của mỗi phương pháp, cũng như cấu trúc địa chất, vị trí địa lý, môi trường và điều kiện kỹ thuật giao thông... có thể dùng các dạng công trình khác nhau hoặc kết hợp với nhau.

15.1. CÔNG TRÌNH KHAI ĐÀO

15.1.1. Công trình khai đào đơn giản

Công trình dọn sạch: Là loại công trình đơn giản, hình dạng bất kỳ được dùng để phát hiện đá hay thân khoáng gốc.

Chiều dài tuỳ thuộc vào mục đích nghiên cứu: chiều sâu không lớn. Công trình này được bố trí ở nơi có địa hình thuận lợi, thường ở bờ suối hay vách đá nơi có biểu hiện khoáng sản trên mặt.

Thu thập tài liệu vẽ vách và đáy với tỷ lệ 1: 50 trên giấy kẻ milimet. Vị trí lấy các loại mẫu được vẽ chính xác lên trên thiết đồ. Các đặc điểm địa chất được mô tả chi tiết vào nhật ký địa chất và thiết đồ.

Hố:

Hố có dạng hình vuông, tiết diện $0,6 \div 0,8m^2$, sâu khoảng 1m, ít khi tới 3m.

Hố nhằm nghiên cứu và phát hiện các thân khoáng, đới khoáng hoá, lấy mẫu địa hoá, trọng sa, nhất là tàn tích, sườn tích hay làm rõ đá gốc nằm dưới lớp phủ mỏng. Hố được thi công đơn lẻ hay trên tuyến với khoảng cách nhất định, tuỳ thuộc vào mục đích và nhiệm vụ của giai đoạn nghiên cứu.

Hào:

Hào được sử dụng khá phổ biến nhằm phát hiện, truy đuổi và khống chế các thân khoáng, đới khoáng hoá, ranh giới địa chất, kiểm tra dị thường... và lấy các loại mẫu.

- Hào phát hiện: nhằm phát hiện thân khoáng hay đới khoáng hoá. Hào được đào trên tuyến chuẩn. Hào này có chiều dài lớn, có khi dài hàng trăm mét.

- Hào theo dõi (hào khống chế): nhằm khống chế thân quặng hay đới khoáng hoá theo đường phương. Hào được bố trí trên các tuyến hay khoảng cách nhất định phù hợp với mạng lưới tìm kiếm hay thăm dò.

Kích thước hào: chiều rộng ở trên mặt: 0,8 ÷ 1m, ở dưới đáy 0,7 ÷ 0,8m, chiều sâu tối đa 8m, trung bình 4 ÷ 5m, chiều dài hào tuỳ thuộc vào chiều dày của thân khoáng, đới khoáng hoá.

Đào hào: bằng xẻng, cuốc chim, nếu gặp đá rắn cấp IV trở lên thì dùng mìn phá đá.

Đất đá xúc trực tiếp bằng xẻng, khi sâu dùng tời và sọt để vận chuyển. Đất đá đổ cách miệng hào 1 ÷ 1,5 m. Thông thường đổ về phía địa hình thấp.

Chống nước mặt chảy vào hào bằng cách làm rãnh thoát nước ở phía địa hình cao. Thu thập tài liệu hào vẽ một vách (khi cần thiết có thể vẽ hai vách) và đáy, tỉ lệ: 1:50 trên giấy kẻ milimét. Vị trí lấy các loại mẫu, nhất là mẫu rãnh được vẽ chính xác lên trên bản vẽ. Các đặc điểm địa chất được mô tả chi tiết vào nhật ký địa chất và bản vẽ hào theo quy phạm.

Giếng nông:

Giếng nông là công trình thẳng đứng, dùng để phát hiện thân khoáng gốc, để thăm dò sa khoáng, khoáng sàng phong hoá, nghiên cứu ranh giới của đới quặng bị oxy hoá với đới nguyên sinh. Giếng nông có tiết diện vuông hoặc hình chữ nhật với tiết diện 1,25m^2, 1,4m^2 và 1,62m^2. Khi giếng sâu 15 - 20m thì tiết diện là 2m^2.

Giếng đào trong đá không bền vững, cát chảy thì được chống và chèn các khe hở, đào trong đá rắn không cần chống, chèn.

Vận chuyển đất ở độ sâu nhỏ hơn 2,5m trực tiếp bằng xẻng xúc đổ lên miệng giếng; sâu trên 2,5m dùng tời quay tay với thùng đựng đá dung tích 0,03 ÷ 0,04m^3. Đất đá đổ cách miệng giếng 1,5 - 2m về phía địa hình thấp.

Nếu giếng gặp nước lưu lượng nhỏ thì dùng thùng múc, lưu lượng nước lớn dùng máy bơm. Giếng sâu cần phải thông gió để tránh khí độc và hơi ngạt.

Thu thập tài liệu giếng vẽ 1 - 4 vách và đáy, theo nguyên tắc triển khai hình hộp trên mặt phẳng, lấy một cạnh giếng nào đó làm cạnh xuất phát. Tỷ lệ vẽ là: 1 : 50 trên giấy kẻ milimet, theo nguyên tắc chụp ảnh. Vị trí lấy các loại mẫu được vẽ chính xác lên trên thiết đồ. Các đặc điểm địa chất được mô tả chi tiết vào nhật ký địa chất và thiết đồ theo quy phạm.

15.1.2. Các công trình khai đào phức tạp

Giếng mỏ:

Giếng mỏ là một loại công trình thẳng đứng được sử dụng vào mục đích thăm dò các mỏ ở dưới sâu. Sau đó hệ thống công trình thăm dò nằm ngang đều xuất phát từ giếng. Tiết diện trong lòng giếng mỏ như sau:

$2,5 \times 1,6 = 4m^2$; $3,1 \times 1,6 = 5m^2$

$3,8 \times 1,6 = 6m^2$; $4 \times 2,25 = 9m^2$

Giếng mỏ thường sử dụng để thăm dò các thân quặng nằm ngang hay dốc thoải nằm ở sâu trong điều kiện địa hình bằng phẳng. Khi thăm dò, giếng mỏ là công trình thăm dò, còn khi khai thác chúng trở thành công trình vận chuyển.

Trong tìm kiếm và thăm dò người ta thường kết hợp giữa giếng mỏ với các công trình khác, nhất là các hệ thống lò.

Đôi khi giếng mỏ có thể nằm nghiêng tuỳ điều kiện địa chất và yêu cầu của công tác tìm kiếm - thăm dò.

Lò:

Lò là công trình mở ngang đào xuyên vào núi để thăm dò các thân khoáng nằm nghiêng hay dốc đứng. Lò bằng có thể đào theo vỉa hay xuyên vỉa. Tiết diện của công trình lò nằm ngang hình thang và diện tích phụ thuộc vào chiều dài, mục đích, hệ thống vận tải bằng goòng hay các phương tiện khác v.v... Thông thường lò thăm dò có tiết diện $1,8 \times 1 = 1,8m^2$; $1,8 \times 1,5 = 2,7m^2$; $1,8 \times 2 = 3,6m^2$; $2 \times 2 = 4m^2$; $2,25 \times 2,22 = 5m^2$, $2,06 \times 2,46 = 5,1m^2$; $2,5 \times 2,57 = 6,4m^2$; $3,35 \times 2,25 = 7,5m^2$. Lò đào dốc 2 - 3 phần nghìn, một bên đáy có rãnh thoát nước.

Tuỳ theo tính chất có thể dùng các loại lò như sau:

* Lò bằng theo vỉa:

Lò bằng theo vỉa là công trình nằm ngang đi theo đường phương của thân khoáng sản. Đào trong thân khoáng hay ở đá vây quanh.

* Lò xuyên vỉa:

Lò xuyên vỉa là công trình nằm ngang cắt thẳng góc hay gần thẳng góc với thân khoáng. Lò đào xuyên cắt hết chiều dày thân khoáng.

* Lò ngách:

Lò ngách là công trình nằm ngang xuất phát từ lò theo vỉa nhằm cắt toàn bộ thân khoáng (nếu thân khoáng lớn hơn gương công trình) hoặc phát hiện các thân quặng, bướu quặng nằm gần công trình. Lò ngách có chiều dài không lớn ($10 \div 25m$) và tiết diện nhỏ ($1,5 \div 1,8m^2$)

* Lò thượng (lò đào ngược dốc):

Lò thượng là công trình thẳng đứng hay nằm nghiêng xuất phát từ lò theo vỉa, lò xuyên vỉa hay lò ngách đào ngược theo hướng cắm của thân khoáng đến tầng lò thăm dò (khai thác) cao hơn.

* Lò hạ (giếng mù):

Lò hạ là công trình thẳng đứng hay nằm nghiêng xuất phát từ lò theo vỉa, lò xuyên vỉa hay lò ngách đào theo hướng cắm xuống tầng thấp hơn của thân khoáng, nhằm theo dõi thân khoáng theo hướng dốc.

Thu thập tài liệu lò vẽ cả 2 vách và trần, theo nguyên tắc triển khai hình hộp trên mặt phẳng, lấy một vách lò nào đó làm cạnh xuất phát. Tỷ lệ vẽ là 1 : 50 trên giấy kẻ milimét, theo nguyên tắc chụp ảnh. Vị trí lấy các loại mẫu được vẽ chính xác lên thiết đồ. Các đặc điểm địa chất được mô tả chi tiết vào nhật ký địa chất và thiết đồ.

15.2. KHOAN

Khoan là phương tiện dùng để tìm kiếm và thăm dò phần dưới sâu của thân khoáng kết hợp với các công trình khai đào, có khi khoan được dùng chủ yếu và duy nhất.

Khoan có nhiều ưu điểm:

- Có thể dùng khoan ở những độ sâu khác nhau: từ hàng chục đến hàng trăm mét, thậm chí hàng ngàn mét, mà công trình khai đào không thể vươn tới được.
- Rẻ tiền hơn nhiều so với công trình khai đào cùng độ sâu.
- Thi công nhanh và có khả năng di chuyển dễ dàng.

Tuy nhiên khoan có những nhược điểm sau:

- Không quan sát cấu trúc địa chất trực tiếp như công trình khai đào.
- Lấy mẫu kém chính xác hơn trong công trình khai đào.
- Trong những vùng địa hình phân cắt mạnh, ít nước, nhiều hang động karst, vùng có khí hậu khắc nghiệt, giao thông khó khăn... khoan có nhiều hạn chế.

Hiện nay có nhiều phương pháp phân loại khoan.

- Phân loại theo động lực để khoan, chia ra: khoan tay và khoan máy.
- Phân loại khoan máy theo chiều sâu khoan: tuỳ theo độ sâu cần phải khoan, hiện nay người ta dùng các loại máy khoan lấy lõi có độ sâu được thống kê ở bảng 15.1.

Bảng 15.1. Các loại máy khoan thường dùng

25 ÷ 150m	300 ÷ 650m	1200 ÷ 2000m
CbK – 4 - 25, CpK - 2 - 100	3uΦ - 300, 3uΦ - 300M	BTP – 1200
CbK - 3 - 150, bK - 150	3uΦ - 650A,5Y - 1A, YA5 - 300,	3uΦ - 1200A
CbY - 150 - 3uΦ	%Y - 2 - 600A	3 TP – 2000
CbY - 150 - 3uΦ	KA - 2M - 300, KAM - 500,	
CbYY – 150 - 3u Φ	CbY - 300 - 3uΦ	
	ΓcbY - 300 - 3uΦ	

Phân loại theo cách phá đá của lưỡi khoan, gồm có: khoan xay, khoan đập và khoan đập - xoay...

Theo đặc tính công cụ phá đá của mũi khoan chia ra: choòng khoan, lưỡi ruột gà, lưỡi kim cương, lưỡi hợp kim cứng hoặc lưỡi khoan bi, tua bin, v.v... được chia làm 2 nhóm:

- Mũi khoan khi khoan giữ lại lõi đá và quặng nằm trong ống mẫu.

- Mũi khoan khi xoay làm cho đá bị nghiền đập nhỏ ở đáy lỗ khoan.

Trong tìm kiếm, thăm dò khoáng sản có độ cứng cao hay dùng khoan xoay lấy mẫu, đôi khi dùng khoan đập và khoan đập - xoay. Khi độ cứng thấp, bở rời hay dùng khoan tay xoắn ruột gà hay khoan đập.

* Khoan xoay lấy mẫu đá bị cắt dưới tác dụng của trọng lực và lực xoay. Đá có độ cứng trung bình được khoan đập và khoan đập - xoay. Khi độ cứng thấp, bở rời hay dùng khoan tay xoắn ruột gà hay khoan đập.

Đá có độ cứng lớn được khoan bằng lưỡi khoan hợp kim cứng, bằng lưỡi khoan kim cương, hoặc khoan bi. Khoan bi gồm có bi gang và bi thép, tuỳ thuộc vào độ cứng của đất đá mà chọn loại bi thích hợp.

* Khoan đập, thường dùng khoan cáp đập. Đất đá ở đáy lỗ khoan bị đập vỡ nhờ trọng lượng của lưỡi khoan. Sau mỗi lần đập lưỡi khoan lại quay đi một góc.

* Khoan xoay - đập: là khoan được sử dụng khi đá bở rời và khoan chủ yếu dùng trong tìm kiếm, thăm dò. Khoan lấy lõi thường dùng lưỡi khoan bi, hợp kim cứng hoặc kim cương. Phần đá bị nghiền nhỏ ở đáy lỗ khoan được rửa sạch bằng dung dịch hoặc bằng khí, đồng thời dung dịch làm mát mũi khoan. Khoan lấy lõi có thể khoan xiên hoặc thẳng đứng, hay khoan ngang, tuỳ góc dốc của thân quặng và độ sâu dự kiến gặp quặng.

Mẫu khoan khi lấy lên được rửa sạch và xếp vào khay mẫu. Khi xếp mẫu vào khay cần chú ý:

- Mẫu được xếp tuần tự trong thùng đựng mẫu theo thứ tự từ trên xuống dưới từ trái qua phải theo hiệp khoan.

- Trong một hiệp khoan, mẫu rơi ra khỏi ống mẫu đầu tiên là mẫu ở dưới cùng.

- Mô tả mẫu lõi khoan từng hiệp theo quy phạm.

- Các lỗ khoan khi kết thúc phải tiến hành đo carota. Khi khoan xiên phải đo độ lệch và góc dốc lỗ khoan.

- Cột địa tầng lỗ khoan được vẽ lên trên giấy milimet theo mẫu quy định với tỷ lệ 1 : 200.

Để phát huy những ưu điểm, khắc phục những nhược điểm và nâng cao hiệu quả tìm kiếm, thăm dò người ta có thể dùng những phương pháp và kỹ thuật khoan khác nhau: Khoan phá mẫu, khoan xiên, khoan ngang...

Trong công tác tìm kiếm thăm dò người ta có thể kết hợp khoan với công trình khai đào như dùng lò và giếng mỏ hoặc kết hợp giữa lò, giếng và lỗ khoan.

Chương XVI

LỰA CHỌN TỔ HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM

16.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mỗi một phương pháp tìm kiếm có những ưu, nhược điểm và hạn chế nhất định. Các khoáng sản có nhiều loại và được thành tạo trong những điều kiện địa chất và có tính chất rất khác nhau.

Vì thế, để phù hợp cho từng loại khoáng sản, phát huy các ưu điểm và khắc phục các nhược điểm của từng phương pháp và nâng cao hiệu quả của công tác, người ta chọn một tổ hợp các phương pháp tìm kiếm cho một đối tượng nhất định.

16.2. CƠ SỞ LỰA CHỌN TỔ HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM

Để lựa chọn tổ hợp các phương pháp hợp lý nhất phải phân tích nhiều yếu tố ảnh hưởng khác nhau:

16.2.1. Tính chất hoá lý của khoáng sản

Khoáng sản có những thuộc tính lý hoá khác nhau và tập trung trong những điều kiện địa chất rất đa dạng.

Quặng sắt thường gồm những khoáng vật khá vững bền như magetit, hematit, limolit... Trong tự nhiên chúng thường gồm những tập trung lớn và dễ phân biệt với đá vây quanh nên dùng phương pháp địa chất .

Magnetit có từ tính mạnh, là khoáng vật chính cuả nhiều loại hình công nghiệp của sắt nên đo từ là phương pháp chủ yếu. Quặng sắt thường tạo thành những vỉa thấu kính hay các ổ có kích thước rất lớn hàng trăm đến hàng ngàn mét, nên có thể đo từ hàng không, trọng lực.

Đối với quặng chì - kẽm người ta dùng phương pháp kim lượng và phương pháp đo điện.

Một số khoáng vật rất vững bền casiterit, zircon, platin, kim cương nên chủ yếu là phương pháp trọng sa.

Các khoáng sản như urani, thori, liti....thì địa vật lý xạ là chủ yếu. Một số khoáng sản như nikel, coban, thạch anh, mica, fluorit, phosphorit, vật liệu xây dựng nên dùng phương pháp địa chất và quan sát mắt thường, các phương pháp khác là phụ.

16.2.2. Hình thái, kích thước, thế nằm và sự thay đổi của thân khoáng

Những thân khoáng có kích thước lớn dạng vỉa, thế nằm ổn định có thể dùng hào để tìm kiếm trên mặt và dùng khoan để không chế dưới sâu, nhất là các thân khoáng nằm ngang hay dốc ít, gần mặt đất người ta dùng hào, giếng trên mặt.

Thân khoáng có kích thước bé hay thay đổi về hình dáng, kích thước và hàm lượng người ta dùng lò để nghiên cứu trực tiếp và lấy mẫu.

Khi thân khoáng dốc vừa có thể dùng khoan xiên, khoan cong để tiết kiệm nhưng vẫn bảo đảm được chất lượng của mẫu. Nếu góc dốc của thân khoáng lớn hơn 70^0 ít dùng khoan. Người ta thường dùng khoan khi góc giữa phương vị lỗ khoan và hướng dốc của thân khoáng không nhỏ hơn 30^0.

16.2.3. Độ sâu của thân khoáng

Các thân khoáng ở nông dễ phát hiện bằng quan sát mắt thường, nghiên cứu vết lộ, lấy mẫu kim lượng thứ sinh và khống chế chúng bằng hệ thống hào hoặc giếng nông.

Các thân khoáng nằm sâu phải dùng địa vật lý, phương pháp thuỷ địa hoá. Nếu vùng đá gốc chứa quặng lộ nhiều dùng phương pháp kim lượng đá gốc. Để khống chế quặng có thể dùng khoan, cần thiết dùng lò hay giếng.

Các thân quặng nằm dưới mặt nước như sông, hồ, biển, chủ yếu dùng địa vật lý.

16.2.4. Cấu trúc địa chất và mức độ phức tạp của quặng hoá

Trong cùng một tỷ lệ tìm kiếm, ở mức độ phức tạp hơn người ta dùng nhiều công trình và có thể chọn những phương pháp tìm kiếm phù hợp hơn.

Ví dụ: để tìm kiếm các mỏ sa khoáng hiện đại người ta vẽ bản đồ địa mạo và trầm tích Đệ Tứ, dùng công trình hố, giếng hay khoan nông để tìm kiếm. Đối với mỏ sa khoáng cổ phải thành lập các bản đồ cổ địa mạo, cổ địa lý, bản đồ kiến tạo và phát hiện bằng các phương pháp địa vật lý, nhất là các phương pháp đo sâu và xác định bằng khoan sâu.

Đối với vùng có cấu trúc địa chất đơn giản như các vùng mỏ trầm tích, thân quặng dạng vỉa, có kích thước lớn, ổn định thì ngoài các phương pháp địa chất và công trình trên mặt, thường dùng địa vật lý và khoan.

16.2.5. Hoàn cảnh địa lý, điều kiện địa chất thủy văn, địa chất công trình và cảnh quan môi trường

* *Địa hình:*

Trong điều kiện địa hình bằng phẳng hoặc dốc ít, lớp phủ dày, thường tạo thành các vành phân tán cơ học hay địa hoá học, có thể chọn các phương pháp trọng sa, kim lượng thứ sinh.

Trong điều kiện địa hình phân cắt mạnh, dốc, lớp phủ mỏng, đá gốc thường lộ nhiều, việc lấy mẫu kim lượng thứ sinh hạn chế nên lấy mẫu kim lượng đá gốc.

Trong những vùng dốc, địa hình phân cắt mạnh, không thể dùng khoan để đánh giá những phần sâu, có thể dùng công trình lò thay cho khoan.

** Mạng sông suối và điều kiện địa chất thuỷ văn:*

Trong vùng có mạng sông suối phát triển và điều kiện địa chất thuỷ văn ổn định có thể chọn phương pháp trọng sa, bùn đáy, thuỷ địa hoá.

Một số vùng có địa hình cao, ít phát triển sông, suối, ít nguồn nước rất hạn chế cho phương pháp trọng sa, bùn đáy. Trong các vùng quặng vàng, thiếc... phương pháp trọng sa là chủ yếu, nhưng vì thiếu nước đãi mẫu, người ta phải "đãi khô" nghĩa là dùng phương pháp quạt gió hay thổi và thế vào đó là phương pháp "trọng sa - kim lượng" và gia công như phương pháp địa hoá.

** Điều kiện địa chất công trình:*

Điều kiện địa chất công trình, nhất là độ cứng của đất đá, cấu tạo và kiến trúc có ảnh hưởng đến việc chọn công trình và năng suất công tác.

Trong những vùng đá carbonat có nhiều hang động karst, trong những đới đập vỡ kiến tạo, gần các hệ thống đứt gãy, người ta ít dùng khoan vì có thể xảy ra hiện tượng mất nước khi khoan, tụt cần khoan, kẹt khi khoan, trượt cần khoan theo mặt trượt của đứt gãy...

16.2.6. Điều kiện kinh tế

Đa số các mỏ thường phân bố ở trung du, vùng núi... Điều kiện kinh tế trong những vùng đó thường khó khăn, ảnh hưởng nhiều đến công tác điều tra địa chất và tìm kiếm. Trong giai đoạn đầu của công tác tìm kiếm có thể khắc phục được, nhưng các giai đoạn sau cần phải chú ý để chọn phương pháp tìm kiếm cho hợp lý.

16.2.7. Ưu, nhược điểm và phạm vi áp dụng của các phương pháp

Mỗi phương pháp tìm kiếm có những ưu, nhược điểm và phạm vi áp dụng khác nhau. Vì thế trong công tác tìm kiếm người ta cố gắng phát huy các ưu điểm và khắc phục bớt những nhược điểm. Một số ví dụ:

** Phương pháp kim lượng thứ sinh:*

Phương pháp này có nhiều ưu điểm như:

- Hầu như tất cả các mỏ kim loại và một số mỏ phi kim loại đều tạo ra vành phân tán thứ sinh.
- Khối lượng mẫu rất bé cho nên năng suất lấy mẫu và vận chuyển rất cao.
- Kỹ thuật lấy mẫu đơn giản.
- Phân tích mẫu nhanh.

Nhược điểm của phương pháp kim lượng rất ít. Chỉ trong một số điều kiện nhất định phương pháp này ít hiệu quả như trong những vùng bị xói rửa mạnh, trong những vùng bị phủ bởi các vật liệu bở rời từ nơi khác đến như cát do gió hay sóng biển vùi lấp...

Vì thế phương pháp này được dùng rất rộng rãi, nhất là đối với các mỏ kim loại và trong giai đoạn tìm kiếm, tỷ lệ: 1 : 100.000 - 1 : 10.000.

** Phương pháp trọng sa:*

Có nhiều ưu điểm:

- Lấy mẫu, gia công đơn giản.
- Phân tích nhanh và chi phí ít.
- Dễ giải thích kết quả lấy mẫu.

Nhược điểm là chỉ dùng để tìm kiếm các mỏ có các khoáng vật nặng vững bền trong điều kiện ngoại sinh... Phương pháp này bị hạn chế trong những vùng thiếu nước.

** Phương pháp công trình khai đào:*

Phương pháp công trình khai đào, nhất là các công trình nhẹ như hố, hào, giếng nông rất hay dùng trong vẽ bản đồ và tìm kiếm khoáng sản vì chúng có nhiều ưu điểm:

- Kỹ thuật thi công rất đơn giản.
- Thi công nhanh, dụng cụ đơn giản.
- Quan sát và lấy mẫu chính xác, có thể biết được hình dáng, thế nằm và sự biến đổi quặng hoá ở trên mặt.
- Có thể thi công ở những điều kiện địa hình khác nhau.

Nhược điểm của phương pháp:

- Chỉ quan sát và lấy mẫu ở độ sâu hạn chế: đối với hào là 8 m, đối với giếng là 15 - 20 m.
- Trong những vùng nhiều nước, công trình hào, giếng có ảnh hưởng nhất định.
- Đối với giếng sâu, giếng mỏ, lò ít dùng trong tìm kiếm mà dùng trong thăm dò.
- Kỹ thuật thi công khá phức tạp.
- Chi phí rất tốn kém.

** Phương pháp khoan:*

Khoan đạt được chiều sâu lớn hơn công trình khai đào. Vì thế có thể phát hiện và nghiên cứu các cấu trúc địa chất và các thân quặng ở sâu, kiểm tra các dị thường địa hoá, địa vật lý...

- Lấy mẫu kém chính xác hơn công trình khai đào.
- Khoan, nhất là khoan sâu đòi hỏi phải áp dụng những trang thiết bị và kỹ thuật nhất định.
- Trong vùng núi cao hiểm trở, nơi có nhiều hang động karst, gần các đứt gãy và đới phá huỷ kiến tạo, thân quặng quá dốc, vùng thiếu nước hay khí hậu quá khắc nghiệt khoan hạn chế.

Tuy vậy, để tìm kiếm và thăm dò các thân quặng dưới sâu, khoan vẫn là một phương pháp tìm kiếm quan trọng, nhất là trong tìm kiếm đánh giá.

* *Các phương pháp địa vật lý:* Mỗi phương pháp cũng có những ưu nhược điểm nhất định. Ví dụ: để tìm kiếm các mỏ sắt, crom, titan, dùng phương pháp từ các mỏ đồng, chì, kẽm dùng phương pháp điện; các kim loại phóng xạ dùng phương pháp đo xạ. Trong mỗi nhóm có nhiều phương pháp. Chúng có những ưu, nhược điểm và phạm vi áp dụng khác nhau:

- Phương pháp đo sâu điện dùng khi đất đá phân lớp nằm ngang và điện trở suất của môi trường thay đổi theo chiều thẳng đứng.

- Phương pháp nạp điện dùng để xác định hình dạng, kích thước của đối tượng nghiên cứu có tính dẫn điện tốt...

- Phương pháp điện trường tự nhiên để tìm kiếm các thân quặng sunfur, các vỉa than antraxit, các thân grafit...

- Phương pháp phân cực kích thích để tìm kiếm các thân quặng kim loại...

16.2.8. Ảnh hưởng của giai đoạn tìm kiếm

Trong tìm kiếm, thăm dò phải tiến hành theo từng giai đoạn để tiệm cận dần đến đối tượng tìm kiếm. Muốn thế, trong mỗi giai đoạn phải chọn được các tổ hợp phương pháp và khối lượng thích hợp

Ví dụ, ở giai đoạn tìm kiếm sơ bộ cần phải:

- Vẽ bản đồ địa chất, tỷ lệ: 1 : 200.000 - 1 : 100.000.
- Lấy mẫu trọng sa sông suối và ở các thung lũng có triển vọng.
- Lấy mẫu kim lượng thứ sinh theo hành trình.
- Lấy mẫu bùn đáy.
- Đo từ và phóng xạ máy bay và trên bộ, chủ yếu là phương pháp gamma.

Ở giai đoạn tìm kiếm chi tiết phải dùng nhiều phương pháp tìm kiếm khác nhau:

- Vẽ bản đồ tỷ lệ 1 : 50.000 và quan sát vết lộ.
- Đo phóng xạ mặt đất theo tất cả các hành trình.
- Lấy mẫu trọng sa và vẽ bản đồ trọng sa.
- Lấy mẫu kim lượng thứ sinh.
- Lấy mẫu bùn đáy.
- Dùng các phương pháp địa vật lý khác nhất là đo từ hàng không.
- Dùng khoan và công trình khai đào trên mặt để nghiên cứu cấu trúc, phát hiện ranh giới địa chất và các thân quặng.

Từ việc phân tích các yếu tố ảnh hưởng chính nêu trên, người ta có thể chọn một tổ hợp các phương pháp hợp lý nhất để tìm kiếm các khoáng sản cụ thể theo các giai đoạn tìm kiếm phù hợp.

Phần V

Chương XVII
MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ CÔNG TÁC THĂM DÒ

17.1. CÔNG TÁC THĂM DÒ VÀ CÁC NGUYÊN TẮC THĂM DÒ

Thăm dò là tất cả các công tác nhằm đánh giá giá trị công nghiệp và kinh tế của khoáng sản và của mỏ. Các công tác chủ yếu là:

- Nghiên cứu cấu trúc địa chất mỏ và sự phân bố khoáng sản trong mỏ.
- Nghiên cứu chất lượng quặng và sự biến đổi quặng hoá theo từng hạng quặng công nghiệp.
- Tính tài nguyên và trữ lượng quặng.
- Nghiên cứu điều kiện ĐCTV, ĐCCT và điều kiện khai thác mỏ.
- Nghiên cứu giá trị kinh tế của khoáng sản.

Các nguyên tắc của công tác thăm dò:

Tìm kiếm, thăm dò khoáng sản trong lòng đất là một công tác rất phức tạp, tốn kém nên phải tuân theo những nguyên tắc nhất định.

Nguyên tắc toàn diện: nghiên cứu đầy đủ đặc điểm địa chất, điều kiện tạo quặng, quy mô và chất lượng khoáng sản, điều kiện ĐCTV và ĐCCT, điều kiện và kỹ thuật khai thác.

Nguyên tắc tuần tự: Phải tiến hành từng giai đoạn, từng bước theo những yêu cầu nhất định.

Nguyên tắc đồng đều: Phải nghiên cứu đồng đều trong toàn diện tích tìm kiếm hay thăm dò.

Hiệu quả tối đa: Quá trình tìm kiếm thăm dò rất tốn kém nên phải luôn luôn chú ý tiết kiệm, sử dụng nhân lực, vật liệu, tiền của ít nhất trong thời gian ngắn nhất với kết quả tốt nhất.

17.2. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KHOÁNG SẢN

Đánh giá chất lượng khoáng sản là một trong những yếu tố quan trọng nhất của thăm dò.

Thành phần khoáng vật, hoá học, các tính chất kỹ thuật ảnh hưởng đến công tác làm giàu, tuyển luyện quặng.

Trong quặng thường gồm những thành phần có ích và có hại. Ví dụ, trong quặng sắt thành phần có ích là Fe, Cr, Ti, V... ; có hại là S, P, As, Pb, Zn...

Vì thế người ta thường quy định giới hạn hàm lượng nhỏ nhất cho hợp phần có ích và tối đa cho các nguyên tố có hại. Tuy nhiên giới hạn đó có thể thay đổi do sự tiến bộ trong kỹ thuật tuyển luyện và lĩnh vực sử dụng khoáng sản.

Một số khoáng sản khác như mica, đá quý, graphít, sét, kaolin... thì chất lượng của chúng phụ thuộc chủ yếu vào tính chất vật lý và công nghệ sử dụng.

17.2.1. Hàm lượng công nghiệp tối thiểu

Hàm lượng công nghiệp tối thiểu là hàm lượng trung bình nhỏ nhất của các nguyên tố có ích đảm bảo khai thác có lãi sau khi đã trừ đi các chi phí để làm ra một tấn sản phẩm.

Có thể xác định hàm lượng công nghiệp tối thiểu (C_{cn}) theo công thức sau:

$$C_{cn} = \frac{Q_{td} + Q_{kt} + Q_t + Q_l + C_{tq}.K_l}{G.K_n.K_{th}}$$

Trong đó: Q_{td} - chi phí thăm dò;

Q_{kt} - chi phí khai thác;

Q_t, Q_l - chi phí tuyển luyện;

C_{tq} - hàm lượng tinh quặng có ích;

K_l - hệ số lợi nhuận cần thiết đối với khai thác;

K_n - hệ số làm nghèo quặng trong quá trình khai thác.

Việc xác định hàm lượng CNTT rất phức tạp vì còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến giá thành khai thác như điều kiện địa chất, cấu trúc thân quặng, kỹ thuật khai thác, tuyển luyện, sự có mặt của nguyên tố ích và có hại đi cùng...

Vì thế hàm lượng CNTT được tính cho từng loại quặng theo quy định của từng nước.

17.2.2. Hàm lượng biên

Hàm lượng biên là hàm lượng tối thiểu để phân chia ranh giới giữa đá và quặng và giữa quặng đạt và không đạt giá trị công nghiệp.

Việc xác định hàm lượng biên cũng rất phức tạp. Giữa hàm lượng biên và các yếu tố ảnh hưởng như cấu trúc địa chất, kỹ thuật, kinh tế chưa thể định lượng được.

Để xác định nó ta dùng phương pháp so sánh để chọn ra con số phù hợp nhất theo các thông số như hàm lượng trung bình, hình dáng thân quặng, hệ số thu hồi, lợi nhuận khai thác...

17.2.3. Chiều dày nhỏ nhất của thân quặng khi khai thác

Thân quặng càng lớn khai thác càng có lợi. Vì thế người ta quy định chiều dày nhỏ nhất cho phép khai thác có lợi. Ví dụ, trong khai thác hầm lò đối với thân quặng dốc, chiều dày bé nhất là 0,7m; thân quặng thoải và nằm ngang là 1,2 m.

17.2.4. Chiều dày lớn nhất của lớp kẹp

Lớp kẹp là những lớp, ổ, thấu kính của đá hay quặng không đạt giá trị trong thân quặng và không loại ra được khi khai thác, nên sẽ làm nghèo hàm lượng trung bình trong thân quặng.

Việc xác định chúng có thể theo phương pháp tối ưu hay theo kinh nghiệm được rút ra từ các mỏ tương tự.

17.2.5. Hệ số met % tối thiểu

Trong nhiều trường hợp thân quặng mỏng, không đạt chiều dày nhỏ nhất khi khai thác, nhưng hàm lượng quặng lại lớn nên có thể khai thác một phần đá ở vách và trụ nhưng vẫn đảm bảo được hàm lượng công nghiệp tối thiểu.

Hệ số m% được tính theo nguyên tắc sau:

$$K_{cn} = m_{cn}.C_{cn}$$

$$K_q = m_{tt}.C_q$$

Nếu $K_q > K_{cn}$ thì có thể khai thác được.

Trong đó: m_{cn} - chiều dày công nghiệp;

C_{cn} - hàm lượng công nghiệp tối thiểu;

m_{tt} - chiều dày thân quặng thực tế;

C_q - hàm lượng quặng.

17.2.6. Hệ số chứa quặng cho phép

Một số mỏ có cấu trúc rất phức tạp: dạng mạch nhỏ, mạng mạch phân bố không liên tục nên trữ lượng được tính theo phương pháp thống kê:

$$K_q = \frac{G_{bs}.C_{tq}}{(C_{tb} - C_{cn})K_{nq}.K_{kt}.G}$$

Trong đó: K_q - hệ số chứa quặng cho phép;

C_{tb} - hàm lượng trung bình trong khối;

C_{cn} - hàm lượng công nghiệp tối thiểu;

Ct_q - hàm lượng trong tinh quặng;

G - giá trị 1 tấn tinh quặng;

G_{bs} - chi phí bổ sung cho sự có mặt của hệ số chứa quặng;

K_{th} - hệ số thu hồi khi tuyển;

K_{ng} - hệ số làm nghèo khi khai thác.

17.3. HỆ THỐNG VÀ MẠNG LƯỚI THĂM DÒ

17.3.1. Hệ thống thăm dò

Tuỳ điều kiện địa chất, cấu trúc thân quặng, điều kiện địa hình, điều kiện địa chất thủy văn - địa chất công trình cũng như yêu cầu của giai đoạn thăm dò, có thể chọn các hệ thống thăm dò khác nhau.

Công trình trên mặt: chủ yếu là hào và giếng.Chúng được dùng rộng rãi trong thăm dò sơ bộ để nghiên cứu cấu trúc địa chất, phát hiện và khoanh nối thân quặng trên mặt.

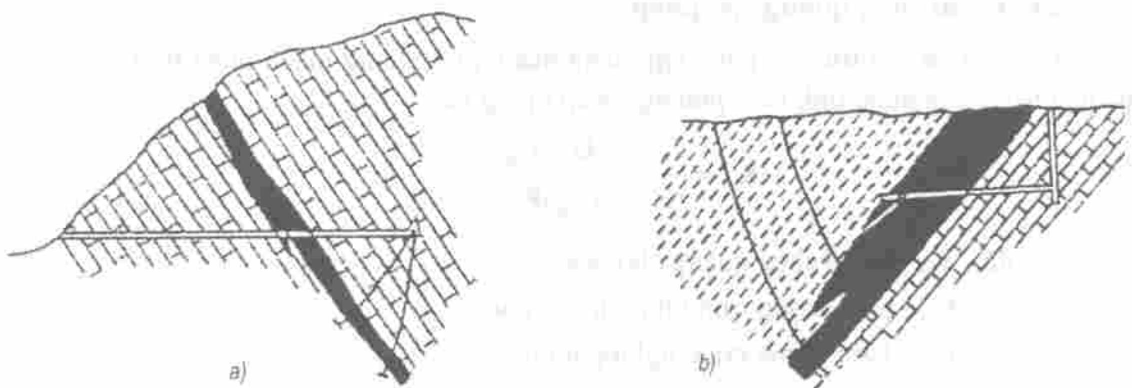
Công trình khai đào ngầm: gồm lò và giếng mỏ. Thường dùng để nghiên cứu cấu trúc thân quặng, khoanh nối thân quặng ở dưới sâu, lấy mẫu kỹ thuật và kiểm tra công tác khoan. Tuỳ điều kiện có thể dùng lò bằng, lò xuyên vỉa, lò theo vỉa, lò thượng…

Khoan: Được dùng rất rộng rãi trong thăm dò. Mặc dù không nghiên cứu cấu trúc thân quặng một cách trực tiếp, lấy mẫu kém chính xác hơn so với công trình khai đào nhưng giá thành rẻ, tốc độ nhanh và chiều sâu nghiên cứu lớn. Người ta có thể khoan từ mặt đất hay từ công trình ngầm và tuỳ điều kiện địa chất có thể khoan xoay, khoan đập, khoan lấy mẫu với hệ thống lưới khoan khác nhau.

Địa vật lý: Trong thăm dò dùng để theo dõi thân quặng, nhất là trong khoảng giữa hai công trình, dùng để thành lập mặt cắt, khoanh nối thân quặng, kiểm tra lấy mẫu trong lỗ khoan.

Các hệ thống kết hợp: Mỗi một phương pháp và hệ thống thăm dò có những ưu và nhược điểm nhất định. Ví dụ: hào, giếng nông thường thăm dò phần trên mặt; khoan thăm dò dưới sâu nhưng tài liệu không chính xác bằng các công trình giếng mỏ và lò.

Vì thế trong thăm dò người ta thường dùng kết hợp các hệ thống khác nhau (hình 17.1).



Hình 17.1: *Phối hợp giữa lỗ khoan với lò (a) và lỗ khoan với giếng (b)*

17.3.2. Hình dạng mạng lưới thăm dò

Tuỳ hình dáng và cấu trúc thân quặng có thể dùng những mạng lưới khác nhau:

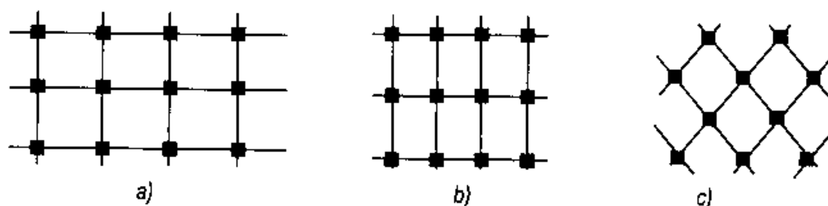
Mạng lưới hình vuông: Khi thân quặng có dạng đẳng thước, nằm ngang hay thoải (hình 17.2a).

Mạng lưới chữ nhật: áp dụng cho thân quặng có dạng kéo dài, nằm ngang, dốc thoải, có mức độ biến đổi khác nhau theo hai phương (hình 17.2b).

Mạng lưới hình thoi: dùng cho thân quặng nằm ngang hay thoải để thăm dò chi tiết hơn trên mạng lưới hình chữ nhật bằng cách đan dày công trình ở trung tâm ô mạng trước (hình 17.2c).

Mạng lưới tam giác đều: dùng khi chưa biết sự biến đổi của thân quặng theo hướng nào.

Tuyến thăm dò: Dùng cho thân quặng kéo dài, dạng mạch, thế nằm dốc. Các tuyến phải bố trí thẳng góc với hướng biến đổi nhiều nhất của thân quặng.



Hình 17.2

17.3.3. Khoảng cách các công trình trên mạng lưới

Đây là một vấn đề quan trọng trong công tác thăm dò vì ảnh hưởng đến sự chính xác của kết quả và chi phí thăm dò. Nếu mạng lưới quá thưa thì không chính xác, nếu quá dày thì tốn kém.

Có 3 nhóm phương pháp để xác định khoảng cách công trình:

+ ***So sánh với tài liệu khai thác***: So sánh tài liệu thăm dò chi tiết với kết quả khai thác. Hiện nay phương pháp này ít dùng vì khai thác xong một mỏ rất lâu và trong quá trình khai thác phải thu thập thêm một số tài liệu để so sánh nên tốn kém hơn.

+ ***Làm thưa mạng lưới:*** Trên một mỏ đã được thăm dò theo một mạng lưới nhất định, coi như "mạng chuẩn". Sau đó đan dày mạng lưới 2 đến 3 lần so với yêu cầu. Tính toán các thông số chiều dày, hàm lượng, trữ lượng... theo các công trình. Sau đó làm thưa dần mạng lưới và so sánh các tài liệu nhận được với tài liệu ban đầu. Từ đó tìm ra phương án tốt nhất vừa đảm bảo mức độ tin cậy vừa hợp lý về kinh tế nhất.

+ ***Toán địa chất:***

a- Phương pháp thống kê:

Số lượng công trình (N) được xác định theo công thức:

$$N = \frac{{Z_p}^2 \times V^2}{{\Delta_{cp}}^2}$$

V - hệ số biến thiên: $V^2 = V_m^2 + V_c^2 + V_d^2 + \ldots$

m - chiều dày;

c - hàm lượng;

d - thể trọng; ...;

Δ_{cp} - sai số trung bình tương đối cho phép đối với từng cấp trữ lượng.

Khi N đủ lớn thì $Z_p \rightarrow t$ (hệ số xác suất); t = 1 ứng với xác suất $Z_p = 0{,}86$; $\Delta_{cp} = 2$ thì $Z_p = 0{,}95$.

Theo A. P. Procophev, khi V = 60 – 80% thì N cho kết quả sát với thực tế nhất; khi V < 40 % thì N nhỏ hơn thực tế ; khi V > 80% thì N lớn hơn thực tế.

b- Phương pháp Bogastki áp dụng như phương pháp thống kê. Số lượng công trình được xác định theo công thức:

$$N = \frac{2(H-1)}{\Delta_{cp}} + 1$$

Trong đó: H - chỉ số không ổn định;

Δ_{cp} - sai số trung bình tương đối cho phép tương ứng với từng cấp trữ lượng.

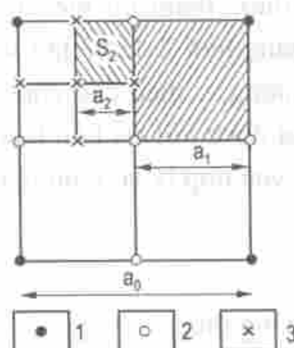
17.4. LÀM DÀY MẠNG LƯỚI THĂM DÒ

Để xác định mạng lưới thăm dò hợp lý giống như phương pháp làm thưa mạng lưới nêu trên. So sánh các kết quả để tìm phương án tối ưu.

Khi chuyển giai đoạn thăm dò sơ bộ lên thăm dò chi tiết hoặc từ thăm dò chi tiết lên thăm dò khai thác người ta đan dày mạng lưới. Mạng lưới mới có thể giống hình dạng như trước hoặc thay đổi khi phát hiện ra có sự biến đổi của thân quặng.

Ví dụ vài trường hợp làm dày mạng lưới:

Làm dày mạng lưới bằng cách giảm khoảng cách giữa các công trình hai lần (hình 17.3).



$$S_0 = a_0^2$$

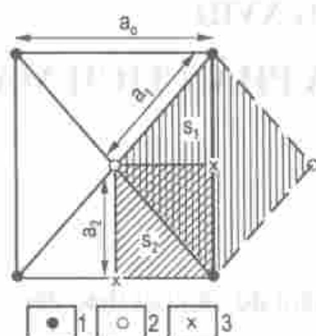
$$a_1 = \frac{a_0}{2},\ S_1 = \frac{a_0^2}{4}$$

$$a_2 = \frac{a_0}{4},\ S_2 = \frac{a_0^2}{16}$$

$$t = S_0 : S_1 = S_1 : S_2 = 4$$

Hình 17.3: Làm dày mạng lưới thăm dò bằng cách giảm khoảng cách hai lần
1- Công trình lần I; 2- Công trình lần II; 3- Công trình lần III.

Làm dày mạng lưới theo phương pháp phong bì, đổi từ mạng lưới hình vuông sang hình thoi, rồi trở lại hình vuông (hình 17.4).



$$S_o = a_0^2$$

$$a_1 = \frac{a_0}{\sqrt{2}},\ S_1 = \frac{a_0^2}{2}$$

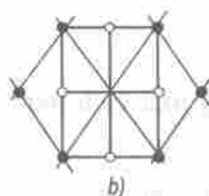
$$a_2 = \frac{a_0}{2},\ S_2 = \frac{a_0^2}{4}$$

$$t = S_0 : S_1 = S_1 : S_2 = 2$$

Hình 17.4: *Làm dày mạng lưới theo phương pháp phong bì*
1- Công trình lần I; 2- Công trình lần II; 3- Công trình lần III.

Đổi từ mạng hình vuông sang chữ nhật (hình 17.5a) hoặc từ mạng hình thoi sang chữ nhật (hình 17.5b).







Hình 17.5: *Làm dày mạng lưới thăm dò*

a- Từ hình vuông thành chữ nhật;

b- Từ hình thoi thành chữ nhật;

1- Công trình lần I;

2- Công trình lần II.

CHƯƠNG XVIII
LẤY, GIA CÔNG VÀ PHÂN TÍCH MẪU

18.1. NGUYÊN TẮC LẤY MẪU

Trong các giai đoạn khảo sát, tìm kiếm, thăm dò và khai thác đều phải lấy mẫu.

Tuỳ giai đoạn, tính chất khoáng sản mà lấy mẫu với số lượng và chủng loại khác nhau, nhưng phải đảm bảo được các nguyên tắc:

- Đại diện: đảm bảo phản ánh đầy đủ đối tượng nghiên cứu.

- Đầy đủ: Lấy số lượng mẫu nhất định (theo quy phạm) tuỳ yêu cầu công tác nhưng đủ để giải thích được những yêu cầu cần thiết theo từng giai đoạn.

- Thích hợp: Lấy mẫu hợp lý, nhanh, dễ dàng và chính xác nhất.

18.2. CÁC LOẠI MẪU

1- Mẫu thạch học: để quan sát và mô tả bằng mắt kích thước: 3 × 6 × 9 cm. Mẫu phải tươi và đại diện được cho đối tượng nghiên cứu.

2- Mẫu lát mỏng: để nghiên cứu dưới kính, lấy cùng mẫu thạch học, kích thước: 2 × 3 × 4 cm. Mẫu phải được chọn sao cho tiết diện mài mỏng trùng với phương hay thay đổi nhất của đá hay quặng.

3- Mẫu khoáng tướng: lấy trong các thân quặng, đới quặng để nghiên cứu khoáng vật quặng, cấu tạo và kiến trúc, tổ hợp cộng sinh khoáng vật... Kích thước 3 × 6 × 9 cm, mài láng một mặt dày 1cm.

4- Mẫu cổ sinh và vi cổ sinh: để nghiên cứu các hoá đá định tầng trong các đá trầm tích. Kích thước tuỳ thuộc vào loại hoá đá. Khi lấy mẫu phải rất thận trọng để không làm vỡ các hoá đá. Mẫu lấy xong phải gói bằng giấy mềm.

5- Lấy mẫu trọng sa: để nghiên cứu các khoáng vật trọng sa.

- Mẫu theo mang sông suối: Lấy cát ở những nơi nước chảy chậm. Thường lấy 0,01m^3 để đãi đến màu xám.

- Lấy ở sườn tích hay thềm sông bằng các hố hay hào giếng cho đến hết lớp phủ. Lấy mẫu thể tích phân đoạn cách nhau 50cm đến 1m, sau đó chọn mẫu điểm. Lấy 0,05m^3 để đãi cũng có thể lấy mẫu rãnh thẳng đứng.

- Lấy mẫu trong thung lũng: lấy toàn thể tích và chọn 0,05m^3 để đãi.

6- Mẫu bùn đáy: Lấy mẫu bùn và cát mịn theo mạng sông suối ở lòng hay hai bên bờ: khối lượng mẫu 200 - 300g.

7- Lấy mẫu kim lượng

- Thứ sinh: Lấy sâu 20 cm hoặc 1m tuỳ giai đoạn và sự phân bố của vành phân tán. Trọng lượng 100 - 200g. Chiều sâu lấy mẫu đã nói ở phần phương pháp tìm kiếm.

- Địa hoá đá gốc: Lấy trong vết lộ hay trong công trình, lấy mẫu cục theo điểm hay rãnh điểm trong đá gốc tập hợp thành một mẫu trọng lượng 200g.

8- Lấy mẫu phân tích hoá học: Lấy mẫu khác nhau, thường lấy mẫu rãnh, đôi khi mẫu lớp, khối... phân tích theo nhiều phương pháp khác nhau.

9- Lấy mẫu phân tích microzond

Để phân tích các khoáng vật tạo đá dùng mẫu lát mỏng, các khoáng vật tạo quặng trên mẫu khoáng tướng bằng cách khoanh vị trí điểm nghiên cứu bằng những kim cứng hay sơn. Có thể gia công riêng bằng cách mài mỏng như mẫu lát mỏng.

10- Lấy mẫu bao thể: Thường lấy trong các mạch thạch anh, canxit chứa quặng hoặc các khoáng vật quặng, khoáng vật đi cùng. Các khoáng vật đó thường phải trong suốt hay nửa trong suốt như mẫu thạch học và gia công bằng cách mài mỏng.

11- Lấy mẫu nước: Tuỳ yêu cầu của công tác địa chất thuỷ văn hay tìm kiếm thuỷ địa hoá mà lấy mẫu khác nhau.

Thường lấy mẫu theo mạng trong suối, giếng ăn, các nguồn lộ tự nhiên, trong công trình hay khoan.

Khối lượng mẫu tuỳ lượng cặn trong nước. Nếu lượng cặn khô > 500mg/l thể tích mẫu 0,1l; lượng cặn < 100mg/l thể tích mẫu là 1lít.

12- Lấy mẫu kỹ thuật học: Để nghiên cứu tính chất hoá học, vật lý và kỹ thuật của quặng. Tuỳ từng loại khoáng sản mà lấy theo kiểu trên hay nguyên cục, nguyên khối.

- Ví dụ: Đối với sét, kaolin cần phân tích độ chịu lửa, độ dẻo, độ hạt, độ thiêu kết, độ co rút, độ trắng.

- Ngoài ra, có thể phân tích thành phần khoáng vật, thành phần hoá học. Đối với than, phân tích nhiệt lượng, độ tro, chất bốc, độ ẩm, thể trọng, độ cốc hoá...

Ngoài ra có thể phân tích thành phần thạch học, thành phần hoá học.

13- Mẫu công nghệ: Mẫu công nghệ bán sản xuất để sản xuất thử quặng quy mô nhỏ. Trọng lượng hàng trăm kilogram. Mẫu sản xuất thử: để làm giàu, tuyển, luyện ra sản phẩm trong các nhà máy có quy trình kỹ thuật tương ứng như dự kiến khai thác và luyện kim sau này.

Thường lấy mẫu ở các công trình khai đào, khối lượng mẫu có thể hàng chục tấn quặng, thậm chí hàng trăm tấn.

18.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP LẤY MẪU

1- Lấy mẫu cục: như mẫu thạch học, khoáng trướng, bao thể, kim lượng đá gốc… Trọng lượng thường 0,2 - 1 (2) kg.

2- Lấy mẫu điểm: lấy ở vết lộ, trong công trình, trong đống quặng, trên các phương tiện vận tải. Các điểm lấy mẫu có thể bố trí đều theo mạng lưới.

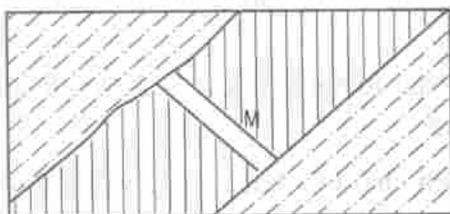
Trọng lượng mỗi điểm lấy mẫu khoảng 0,1kg hay hơn, trọng lượng toàn mẫu tuỳ yêu cầu: Nếu quặng phân bố đều lấy 10 - 15 điểm trọng lượng 5kg; phân bố không đều lấy 20 - 25 điểm, trọng lượng 8 - 10kg; rất không đều lấy 50 - 100 điểm, trọng lượng 30 - 50 kg…

3- Lấy mẫu rãnh: Lấy trong vết lộ, công trình.

- Kích thước rãnh: Rộng: 5 - 15cm; sâu: 3 - 5cm; dài tối đa 1 - 2m tuỳ cấu trúc thân quặng.

- Bố trí rãnh: Thường thẳng góc với phương thân quặng và lấy hết chiều dày của thân quặng (hình 18.1). Nếu chiều dày lớn hay có tính phân đới lấy nhiều mẫu (hình 18.2), (hình 18.3)

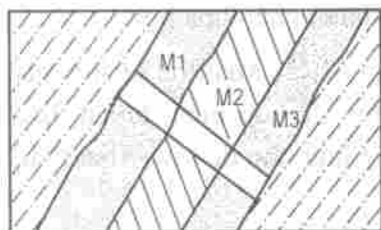
- Nếu thân quặng đứng, dốc có thể đặt rãnh nằm ngang (hình 18.4) thân quặng thoải có thể đặt rãnh đứng (hình 18.5) để dễ lấy mẫu.



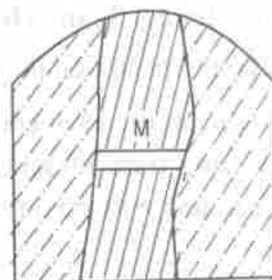
Hình 18.1: *Rãnh thẳng góc với chiều dày thân quặng*



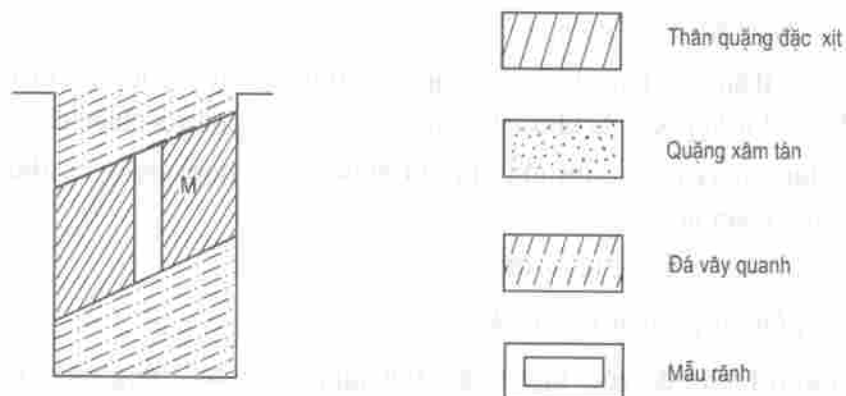
Hình 18.2: *Chiều dày thân quặng lớn*



Hình 18.3: *Thân quặng phân đới*



Hình 18.4: *Khi thân quặng dốc*



Hình 18.5: Khi thân quặng thoải

4- Lấy mẫu tấm (mẫu bóc tầng):

Lấy toàn diện tích của một gương lò hay một công trình khai đào 1 lớp sâu từ 5 - 15 cm hay hơn. Dùng khi thân quặng phân bố không đều cần khối lượng mẫu lớn hay kiểm tra các phương pháp lấy mẫu khác kém chính xác hơn.

5- Lấy mẫu khối: Lấy mẫu 1 khối lớn trong công trình, trên phương tiện giao thông. Trọng lượng mẫu có thể lớn đến hàng tấn hay hàng chục tấn. Thường chỉ sử dụng để lấy mẫu công nghệ.

6 - Lấy mẫu múc: Thường lấy từ đống quặng san phẳng theo mạng lưới nhất định giống như lấy mẫu điểm.

7 - Lấy mẫu lõi khoan: Cưa đôi lõi khoan lấy một nửa phân tích, một nửa để lưu. Có thể lấy mẫu phân đoạn tuỳ chiều dày và cấu trúc thân quặng.

8- Lấy mẫu mùn khoan: Dùng khi tỷ lệ mẫu lõi khoan thấp và khi thân quặng dày, quặng phân bố đều. Mùn khoan được lấy ở những ống mùn khoan (slam) hoặc nước rửa qua hệ thống lọc mùn theo từng hiệp khoan qua quặng.

Hàm lượng trung bình được tính như sau:

$$C_{tb} = C_k \frac{ld^2}{LD^2} + C_m \left(1 - \frac{ld^2}{LD^2}\right)$$

Trong đó: C_k - hàm lượng trong mẫu lõi khoan;

C_m - hàm lượng trong mùn khoan;

l - chiều dài lõi khoan qua quặng (m);

d - đường kính lõi khoan;

L - chiều dài hiệp khoan;

D - đường kính lỗ khoan.

9- Lấy mẫu bụi khi khoan nổ mìn

Lấy trong lò thăm dò khi khoan vào quặng. Thường lấy trong các thân quặng dày, quặng hoá đều, ít lớp kẹp. Các lỗ khoan tốt nhất bố trí vuông góc với chiều dày thân quặng.

Người ta dùng máy hút và túi thu bụi khi khoan khô, hoặc dụng cụ thu mùn dẫn ra thùng chứa khi khoan ướt.

Nếu lỗ khoan sâu 1 - 1,5m lấy 1 mẫu.

10- Một số phương pháp lấy mẫu khác

Như mẫu kim lượng đá gốc, kim lượng thứ sinh trong đất trồng, mẫu trọng sa, mẫu bùn đáy… được nói trong nhiều phương pháp tìm kiếm.

Lấy mẫu trong thăm dò:

Các loại mẫu và phương pháp lấy mẫu trong tìm kiếm và thăm dò như nhau. Nhưng trong thăm dò số lượng mẫu nhiều hơn thường theo một mạng lưới với khoảng cách nhất định. Khoảng cách được xác định theo nhiều phương pháp:

Phương pháp N.V. Brusev.

$$L = \frac{200}{V_c}$$

Trong đó: L- khoảng cách mẫu;

V_c - hệ số biến thiên hàm lượng (bảng 18.1)

Bảng 18.1. Sự phụ thuộc khoảng cách mẫu và sư biến thiên của quặng

Nhóm mỏ	Đặc điểm phân bố	Vc (%)	Ví dụ mỏ	Khoảng cách mẫu
I	Rất không đồng đều	< 20	Than, trầm tích Fe, Mn, apatit	50 - 15
II	Đồng đều	20 - 40	Trầm tích sét, kaolin, sắt biến chất	15 - 4
III	Không đồng đều	40 - 100	Mỏ sau magma Cu, đa kim	4 - 2,5
IV	Rất không đều	100 - 150	Nhiệt dịch W, Sn, Pb, Zn	2,5 - 1,5
V	Cực kỳ không đều	> 150	Kim loại quý, hiếm	1,5 - 1

Phương pháp làm thưa:

Lấy mẫu đủ dày trên một thân quặng với khoảng cách L = 1m chẳng hạn. Tính hàm lượng trung bình $\overline{C}_{h=1}$ gọi là chuẩn ($\overline{C}_c$) . Sau đó lấy L = 2, 3, 4...m và tính hàm lượng tương ứng gọi là C_t (hàm lượng làm thưa C_{t2} , C_{t3}... So sánh C_t với $\overline{C}_c$ được sai số tương đối:

$$\Delta = \frac{\left|\overline{C}_c - C_t\right|}{\overline{C}_c} 100\%$$

So sánh sai số tương đối qua từng lần tính với sai số cho phép sẽ xác định được khoảng cách hợp lý nhất.

Ngoài ra có thể dùng phương pháp thống kê và các phương pháp khác.

18.4. GIA CÔNG MẪU

Mỗi một loại mẫu có phương pháp gia công khác nhau, ví dụ :

- Mẫu lát mỏng phải cắt mẫu và mài lấy đến chiều dày 0,3 mm sau đó dán vào tấm kính bằng nhựa Canada.
- Mẫu khoáng tướng phải cắt và mài láng một mặt có chiều dày 1cm. Khi gia công phải chú ý chọn mài phía có nhiều biến đổi về thành phần và cấu tạo kiến trúc nhất.
- Mẫu bao thể phải mài như mẫu lát mỏng nhưng không dán vào kính.
- Mẫu trọng sa phải đãi, sấy, phân chia mẫu ra các bè khoáng vật từ tính, điện từ, không điện từ...

Các phương pháp đã kết hợp nói trong các phần trên. Ở đây chỉ giới thiệu phương pháp gia công mẫu phân tích địa hoá, hoá học và các phân tích khác như HTNT, plasma,...

Gia công mẫu qua các khâu như sau:

Rút gọn mẫu:

Các mẫu lấy thường có đường kính hạt lớn, khối lượng lớn hơn so với yêu cầu phân tích nên phải rút gọn.

Tretrat và Resa đã đưa ra công thức:

$$Q = kd^2$$

Trong đó: Q - trọng lượng mẫu sau 1 lần rút gọn;

d - đường kính hạt lớn nhất sau mỗi lần rút gọn;

k - hệ số rút gọn phụ thuộc vào sự phân bố khoáng hoá hay sự biến thiên hàm lượng (bảng18.2).

Bảng 18.2. Hệ số rút gọn K đối với đặc điểm khoáng hóa khác nhau

Đặc điểm khoáng hoá	Hệ số biến thiên hàm lượng	Hệ số rút gọn K
Đồng đều	20 - 40%	0,5
Không đều	40 - 100%	0,1
Rất không đều	100 - 150%	0,2 - 0,3
Đặc biệt không đều	> 150%	0,4 - 0,5

Lập sơ đồ gia công mẫu:

Quá trình gia công mẫu gồm nhiều giai đoạn: đập, sàng, trộn, rút gọn.

Đập, nghiền:

- Đập mẫu hạt lớn bằng búa, máy đập.
- Giã nhỏ bằng máy nghiền trục d = 2 - 0,5mm.
- Nghiền mịn bằng máy nghiền bi hay đĩa d = 0,3 - 0,05mm.

Trộn mẫu: nhiều lần theo quy cách vun đống, san bằng, vun đống. Có khi phải trộn 25 – 30 lần.

Rút gọn: Chia 4 phần, lấy hai phần đối đỉnh để gia công chu kỳ tiếp theo.

Lập sơ đồ gia công mẫu: Theo công thức $Q = kd^2$ để lập sơ đồ gia công.

- Điều kiện để rút gọn: Trọng lượng ban đầu ($Q_{bđ}$) lớn hơn 2 lần trọng lượng lý thuyết.
- Xác định độ mịn:

$$H = \frac{d_c}{d_đ}$$

Trong đó: $d_đ$ - đường kính hạt ban đầu;

d_c - đường kính hạt sau mỗi chu kỳ.

- Tìm phương án làm mịn tối ưu phụ thuộc vào thiết bị hiện có và yêu cầu phân tích như bộ rây, máy nghiền....
- Lập sơ đồ gia công:

Ví dụ: Trọng lượng mẫu ban đầu $Q_đ$ = 40kg hạt ban đầu $d_đ$ = 20mm.

Trọng lượng phân tích 100 - 150g.

d_c = 1mm k = 0,1

$Q_{lt} = 0,1.20^2 = 40$kg.

$Q_{lt} = Q_đ$ không rút gọn ngay được.

- Chọn phương án làm mịn:

$$H = \frac{d_c}{d_đ} = \frac{1}{20}$$

$\frac{1}{20} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5}$ đường kính hạt

$d = 20 \rightarrow 10 \rightarrow 5 \rightarrow 1$ mm

Ta lập được sơ đồ gia công như hình 18.1.

Sơ đồ gia công, phân tích mẫu bùn đáy được giới thiệu trên hình 12.1.

Q_d = 40kg

d_d = 20mm

Đập nhỏ

Trộn đều

20kg 20kg

Rút gọn

Trộn đều

10kg 10kg

Rút gọn

Nghiền

Sàng d = 5mm, Q_{tt} = 2,5 kg

Trộn đều

5kg 5kg

Rút gọn

Trộn đều

2,5kg 2,5kg

Rút gọn

Tán nhỏ

Sàng d = 1mm, Q_{tt} = 100g

Trộn đều

1,25kg 1,25kg

Rút gọn

Trộn đều

0,625kg 0,625kg

Rút gọn

Trộn đều

0,312kg 0,312kg

Rút gọn

Trộn đều

0,156kg 0,156kg

Bỏ

Lưu

Gửi phân tích

Chu kỳ I

Chu kỳ II

Chu kỳ III

Hình 18.1: *Sơ đồ gia công mẫu hóa*

18.5. PHÂN TÍCH MẪU

Có nhiều phương pháp phân tích (xem chương XIX).Tuỳ đối tượng tìm kiếm, thăm dò và yêu cầu của các giai đoạn mà phân tích quang phổ, hoá học hay các phân tích chuyên sâu phục vụ cho các chuyên đề như phân tích rơnghen, nhiệt, microzond... Trong công tác thăm dò để phục vụ cho công tác tính trữ lượng chủ yếu là phân tích hoá học.

18.6. KIỂM TRA CÔNG TÁC MẪU

Mẫu có một ý nghĩa rất quan trọng. Những sơ suất trong khi lấy mẫu, gia công và phân tích có ảnh hưởng rất lớn đến việc đánh giá chất lượng quặng. Vì thế việc kiểm tra sai số phân tích cần phải thường xuyên.

Có hai loại sai số:

- Sai số ngẫu nhiên: do sơ suất một khâu nào đó nhất thời nên không ảnh hưởng nhiều.
- Sai số hệ thống: do một yếu tố tác động thường xuyên gây nên.

18.5.1. Kiểm tra lấy mẫu

Tiến hành ở thực địa.

- Kiểm tra mẫu khoan bằng mẫu lấy ở công trình khai đào tương ứng, nghĩa là cùng một vị trí.
- Kiểm tra mẫu ở công trình khai đào bằng các mẫu rãnh, mẫu tấm với khối lượng lớn hơn.

18.5.2. Kiểm tra gia công mẫu

Lấy phần mẫu thải của khâu rút gọn theo sơ đồ gia công mẫu cơ bản. Mẫu cơ bản và mẫu kiểm tra gửi phân tích ở cùng một cơ sở. So sánh hai kết quả sẽ phát hiện ra sai số.

Thí nghiệm hơn 30 mẫu mà không có sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên không vượt quá sai số cho phép, thì phương pháp gia công đó là hợp lý.

18.5.3. Kiểm tra phân tích

Kiểm tra phân tích là khâu quan trọng trong công tác tìm kiếm và thăm dò khoáng sản, nhất là trong thăm dò.

18.5.3.1. Kiểm tra nội bộ và các phương pháp đánh giá sai số ngẫu nhiên

Có nhiều phương pháp đánh giá sai số ngẫu nhiên nhưng hay dùng nhất là phương pháp của N. V. Brusev.

Tính M_x theo công thức:

$$M(x) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{x_i - y_i}{x_i}\right| \times 100\%$$

Trong đó: N - số cặp mẫu kiểm tra;

x_i và y_i - hàm lượng mẫu phân tích cơ bản và phân tích kiểm tra;

M_x - sai số tính được;

Δ_{cp} - sai số cho phép.

Nếu $M_x \geq \Delta_{cp}$ thì loạt phân tích cơ bản phạm sai số ngẫu nhiên, phải phân tích lại

Nếu $M_x < \Delta_{cp}$ loạt mẫu phân tích cơ bản không vi phạm sai số ngẫu nhiên nghiêm trọng.

Sai số ngẫu nhiên trung bình cho phép được giới thiệu trên bảng 18.3.

18.5.3.2. Kiểm tra ngoại bộ và các phương pháp đánh giá sai số hệ thống

Lấy mẫu ở phần mẫu lưu, đánh số lại và gửi đi phân tích ở các phòng thí nghiệm tin cậy hơn. Cứ 6 tháng một lần với 3 - 5% số mẫu cơ bản, nhưng số lượng mẫu kiểm tra mỗi lần không ít hơn 25 mẫu.

Có nhiều phương pháp xác định:

** Phương pháp P.A. Prokophev:*

Tính sai số trung bình tuyệt đối:

$$\overline{\Delta}_{td} = \frac{\sum_{i=1}^{N}|x_i - y_i|}{N} \; ; \; \Delta_{tgd} = \frac{\overline{\Delta}_{td}}{\overline{C}} \cdot 100\%$$

Trong đó: x_i, y_i - hàm lượng phân tích cơ bản và phân tích kiểm tra;

N - số mẫu kiểm tra;

$\overline{C}$ - hàm lượng trung bình theo kết quả phân tích cơ bản.

- Nếu $\Delta_{tgd} > \Delta_{cf}$, tập mẫu vi phạm sai số ngẫu nhiên nghiêm trọng phải phân tích lại.

- Nếu $\Delta_{tgd} < \Delta_{cf}$, sai số ngẫu nhiên nằm trong giới hạn cho phép, tập mẫu phân tích cơ bản bảo đảm yêu cầu.

** Phương pháp Porotov:*

Tiến hành tính giá trị xác suất t theo công thức:

$$t = \frac{|\overline{x} - \overline{y}|}{\sqrt{\dfrac{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}{2n}}}$$

Trong đó: $\overline{x}$, $\overline{y}$ - giá trị trung bình của mẫu phân tích cơ bản và kiểm tra ngoại;

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2 \; ; \; \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2$$

Nếu $t \geq 3$ thì có sai số hệ thống nghiêm trọng.

Ngoài ra còn một số phương pháp xác định khác.

Sai số ngẫu nhiên trung bình cho phép được giới thiệu trên bảng 18.3. Riêng quặng vàng được giới thiệu trên bảng 18.4.

Bảng 18.3. Sai số ngẫu nhiên trung bình cho phép của một số loại quặng

TT	Loại quặng	Hàm lượng	Sai số cho phép	TT	Loại quặng	Hàm lượng	Sai số cho phép
1	Sắt	> 30 30 - 10 10 - 5	3 6 - 3 8 - 4	9	Đồng	>3 0,5 - 3 < 0,5	7 10 - 7 15
2	Crôm	> 10 10 - 1	7 - 3 7	10	Magnê	5	10
3	Oxyt nhôm	20 5 - 20 1 - 5	2 - 4 10 - 4 20 - 10	11	Thuỷ ngân	>2 2 - 0,25 < 0,25	7 7-15 15 - 30
4	Molibđen	1 0,25 - 1 0,1 - 0,25 0,02 - 0,1	5 10 - 5 20 - 10 30 - 20	12	Tantal- Neobi	>10 10 - 1 1 - 0,1 < 0,1	5 5 - 10 10 - 20 20 - 25
5	Chì	15 6 - 15 0,5 - 6 < 0,5	4 6 - 4 12 - 6 12	13	Kẽm	> 25 10 - 25 0,5 - 10 < 0,5	3 6 - 3 15 - 6 15
6	Antimon	> 2 2 - 0,5	12 12 - 20	14	Titan	0,1 - 2	5 - 20
7	Nikel	1 0,2 - 1 < 0,2	7 15 - 7 15	15	Zircon	> 3 3 - 1 1 - 0,1 < 0,1	5 5 - 10 10 - 15 15 - 25
8	S trong quặng sắt	1 - 2 0,05 - 1	5 10 - 5	16	Sunfat Ba	85 85 - 50 50 - 20	1 - 2 2 - 3 3 - 5

Bảng 18.4. Sai số cho phép đối với quặng vàng

Hàm lượng (g/tấn)	Vàng hạt nhỏ 0,1mm tản mạn trong sunfur	Vàng hạt lớn 0,5mm trong S +TA	Vàng hạt lớn > 0,5mm trong TA
đến 4	15	25	35
4 - 16	5 - 15	10 - 20	15 - 35
16 - 64	2,5 - 5	5 - 10	7 - 15
> 64	2,5	5	7

Chương XIX
TÀI NGUYÊN VÀ TRỮ LƯỢNG QUẶNG

19.1. ĐỊNH NGHĨA

Tài nguyên khoáng sản là tích tụ tự nhiên các khoáng chất ở thể rắn, lỏng, khí ở trên hoặc trong vỏ Quả đất, có hình thái, số lượng và chất lượng đáp ứng những yêu cầu tối thiểu cho phép khai thác, sử dụng có giá trị kinh tế trong hiện tại hoặc tương lai.

Trữ lượng là một phần của tài nguyên khoáng sản có kích thước, số lượng và chất lượng đã điều tra và xác định có giá trị kinh tế và khai thác có lãi trong thời gian hiện nay.

19.2. PHÂN CẤP TRỮ LƯỢNG VÀ TÀI NGUYÊN

Trong bảng phân loại của Liên Xô cũ chia ra các cấp A, B, C1, C2 và tài nguyên P1, P2, P3. Theo tính khả thi về kinh tế phân biệt trữ lượng trong và ngoài bảng cân đối.

Ở nước ta những năm gần đây vẫn dùng bảng phân loại đó.

19.2.1. Các cấp trữ lượng tài nguyên

Cấp A: Là trữ lượng được thăm dò chi tiết đảm bảo *giải thích chính xác* thế nằm, hình dạng và cấu trúc thân khoáng; phân chia được các loại quặng tự nhiên và các hạng công nghiệp; giải thích đầy đủ về chất lượng quặng, tính chất công nghệ, điều kiện và kỹ thuật khai thác.

Cấp B: Là trữ lượng được thăm dò chi tiết, đảm bảo giải thích *những điểm cơ bản* về thế nằm, hình dáng; phân chia được các loại hình tự nhiên và các hạng quặng công nghiệp và quy luật phân bố chúng; giải thích được tính chất công nghệ, điều kiện và kỹ thuật khai thác.

Cấp C1: là trữ lượng được thăm dò sơ bộ, đảm bảo giải thích được *những nét chung* về cấu trúc nội bộ; phát hiện được các loại hình tự nhiên và các hạng công nghiệp; giải thích khái quát về chất lượng, tính chất công nghệ và khái niệm chung về điều kiện khai thác.

Cấp C2: là trữ lượng được *đánh giá sơ bộ* về thế nằm, hình dáng, kích thước và cấu trúc nội bộ của thân quặng theo tài liệu địa chất; địa hoá; địa vật lý; chất lượng và tính chất công nghệ khoáng sản được dự đoán theo tài liệu so sánh vùng bên cạnh hay khoáng sản tương tự và được kiểm tra bằng một số công trình thăm dò.

Tài nguyên cấp P1, P2, P3 được *dự đoán* theo tài liệu địa chất, địa hoá, địa vật lý, được sử dụng ở các giai đoạn tìm kiếm.

19.2.2. Phân cấp tài nguyên - trữ lượng của Liên Hiệp Quốc

Bảng phân cấp của LHQ năm 1996 là mới nhất, những người đề xướng mong muốn có thể sử dụng chung và tạo ra khả năng so sánh Quốc tế.

Bảng phân loại dựa vào hiệu quả kinh tế, mức độ điều tra địa chất và mức độ nghiên cứu về công nghệ, kinh tế.

Các mức độ nghiên cứu được mã hoá bằng 3 con số. Các con số mã hoá được quy định như sau:

- Con số đầu: biểu thị cho mức độ hiệu quả kinh tế gồm 3 mức: số 1 - có kinh tế; 2 - tiềm năng kinh tế; 3 - khả năng kinh tế.

- Con số giữa: biểu thị mức độ khả thi, gồm 3 mức: 1 - khả thi; 2 - tiền khả thi; 3 - nghiên cứu bước đầu.

- Con số cuối: biểu thị mức độ nghiên cứu địa chất, gồm 4 mức: 1 - thăm dò tỉ mỉ; 2 - thăm dò sơ bộ; 3 - tìm kiếm; 4 - khảo sát.

Ứng với các quá trình trên có thể xếp tài nguyên trữ lượng và được mã hoá như bảng 19.1.

Bảng19.1. Bảng mã hoá các cấp trữ lượng - tài nguyên theo khung của LHQ - 1996

<table>
<tr><th>Hiệu quả kinh tế</th><th>Nghiên cứu kinh tế và công nghệ</th><th>Nghiên cứu địa chất</th><th>Mã số</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Kinh tế</td><td>Nghiên cứu khả thi và báo cáo khai thác. Đánh giá chi tiết.</td><td>Thăm dò tỉ mỉ</td><td>111</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nghiên cứu khả thi. Đánh giá sơ bộ</td><td>Thăm dò tỉ mỉ</td><td>121</td></tr>
<tr><td>Thăm dò sơ bộ</td><td>122</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Tiềm năng kinh tế</td><td>Nghiên cứu khả thi và báo cáo khai thác</td><td>Thăm dò tỉ mỉ</td><td>211</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nghiên cứu tiền khả thi</td><td>Thăm dò tỉ mỉ</td><td>221</td></tr>
<tr><td>Thăm dò sơ bộ</td><td>222</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Khả năng kinh tế</td><td rowspan="4">Nghiên cứu ban đầu đánh giá ban đầu trên các thông số địa chất</td><td>Thăm dò tỉ mỉ</td><td>331</td></tr>
<tr><td>Thăm dò sơ bộ</td><td>332</td></tr>
<tr><td>Tìm kiếm</td><td>333</td></tr>
<tr><td>Không xác định kinh tế</td><td>Khảo sát</td><td>334</td></tr>
</table>

Có thể dựa vào khung chung, mỗi nước có một phân loại tương tự.

19.2.3. Phân cấp tài nguyên - trữ lượng ở Việt Nam

Theo quyết định số 06/2006/BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, ngày 07/06/2006, trữ lượng và tài nguyên được phân thành các cấp như nêu trên bảng 19.2.

Bảng 19.2. Phân cấp trữ lượng và tài nguyên khoáng sản rắn

Mức độ nghiên cứu địa chất / Mức độ hiệu quả kinh tế	Chắc chắn	Tin cậy	Dự tính	Dự báo	
				Suy đoán	Phỏng đoán
Có hiệu quả kinh tế	Trữ lượng 111 (1)				
	Trữ lượng 121 (2)	Trữ lượng 122 (2)			
Có tiềm năng hiệu quả kinh tế	Trữ lượng 211 (1)				
	Trữ lượng 221 (2)	Trữ lượng 222 (2)			
Chưa rõ hiệu quả	Tài nguyên 331 (3)	Tài nguyên 332 (3)	Tài nguyên 333 (3)	Tài nguyên 334a	Tài nguyên 334b

Chú thích:

1. *Nghiên cứu khả thi* là sự đánh giá chi tiết tính hợp lý về công nghệ và khả năng phát triển của dự án khai thác mỏ làm cơ sở để quyết định đầu tư. Cơ sở để lập báo cáo nghiên cứu khả thi là kết quả thăm dò.

2. *Nghiên cứu tiền khả thi* là những đánh giá sơ bộ về khả năng phát triển của dự án khai thác mỏ làm cơ sở để tiếp tục xem xét dự án đầu tư trong tương lai. Cơ sở để lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi là kết quả khảo sát hoặc thăm dò.

3. *Nghiên cứu khái quát* là sự đánh giá ban đầu về khả năng phát triển dự án khai thác mỏ dựa theo kết quả khảo sát hoặc thăm dò khoáng sản trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kĩ thuật với các mỏ tương tự. Mục tiêu của nghiên cứu khái quát là xác định cơ hội đầu tư.

19.2.4. Yêu cầu về mức độ nghiên cứu của các cấp trữ lượng và tài nguyên

1. Cấp trữ lượng 111: được khống chế bởi các công trình thăm dò và khai thác và phải đảm bảo các yêu cầu sau:

Mức độ nghiên cứu địa chất:

Đã được thăm dò bảo đảm biết được chi tiết hình dạng, kích thước, thế nằm và cấu trúc địa chất thân khoáng; khoanh định được các phần khoáng sản có giá trị kinh tế và

các phần không đạt tiêu chuẩn công nghiệp. Đã xác định rõ chất lượng và tính chất công nghệ của khoáng sản. Điều kiện địa chất thuỷ văn và công trình, điều kiện khai thác mỏ đã được nghiên cứu chi tiết, bảo đảm đủ cơ sở để thiết kế khai thác mỏ. Mức độ tin cậy hơn 80%.

Mức độ nghiên cứu khả thi:

Đã lập báo cáo nghiên cứu khả thi chứng minh việc khai thác, tuyển khoáng, chế biến theo giải pháp kĩ thuật - công nghệ đã chọn lựa là hợp lý, bảo đảm sử dụng tổng hợp, triệt để, tiết kiệm tài nguyên, bảo vệ môi trường và hợp pháp.

Hiệu quả kinh tế:

Báo cáo kết quả khai thác mỏ hoặc báo cáo nghiên cứu khả thi khẳng định việc đầu tư khai thác và chế biến khoáng sản sẽ mang lại hiệu quả kinh tế tại thời điểm đánh giá.

2. Cấp trữ lượng 121: được khống chế bởi các công đoạn thăm dò và đạt yêu cầu sau:

Mức độ nghiên cứu địa chất:

Tương tự như cấp 111. Mức độ tin cậy hơn 80%.

Mức độ nghiên cứu khả thi:

Đã lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi chứng minh mỏ có giá trị kinh tế để tiếp tục đầu tư nghiên cứu khả thi khai thác mỏ.

3. Cấp trữ lượng 122: được khống chế bởi các công trình thăm dò và ngoại suy có giới hạn theo tài liệu địa chất, địa vật lý, địa hóa, đạt các yêu cầu sau:

Mức độ nghiên cứu địa chất:

Kết quả nghiên cứu bảo đảm làm sáng tỏ những đặc điểm cơ bản về cấu trúc địa chất mỏ, biết được số lượng các thân khoáng trong mỏ, xác định sơ bộ các thông số cơ bản của thân khoáng như kích thước, hình dạng, thế nằm, chiều dày trung bình của thân quặng và các lớp đá kẹp. Đã xác định rõ chất lượng khoáng sản và các đặc tính tuyển khoáng, chế biến, thu hồi sản phẩm. Đã làm sáng tỏ các đặc điểm cơ bản về địa chất thuỷ văn, công trình và các điều kiện khai thác mỏ. Mức độ tin cậy hơn 50%.

Mức độ nghiên cứu khả thi: Tương tự như cấp trữ lượng 121.

Hiệu quả kinh tế: Kết quả nghiên cứu tiền khả thi chứng minh việc đầu tư thăm dò để nghiên cứu khả thi và đầu tư khai thác bảo đảm mang lại hiệu quả kinh tế tại thời điểm đánh giá.

4. Cấp tài nguyên 211, 221 và 331

Mức độ nghiên cứu địa chất: đã thăm dò và có mức độ nghiên cứu địa chất tương tự như cấp trữ lượng 111. Ranh giới được khống chế bởi các công trình thăm dò. Mức độ tin cậy hơn 80%.

Mức độ nghiên cứu khả thi: đối với các cấp này phải đạt:

- Cấp tài nguyên 211: Đã nghiên cứu khả thi, chứng minh các điều kiện công nghệ, kinh tế, môi trường và các điều kiện khác tại thời điểm đánh giá là việc khai thác và chế biến khoáng sản chưa có hiệu quả kinh tế.

- Cấp tài nguyên 221: Đã được nghiên cứu tiền khả thi chứng minh việc khai thác và chế biến chưa mang lại hiệu quả kinh tế tại thời điểm đánh giá nhưng trong tương lai có thể có hiệu quả kinh tế.

- Cấp tài nguyên 331: Được nghiên cứu khái quát, nên tại thời điểm đánh giá việc khai thác và chế biến khoáng sản chưa rõ có hiệu quả kinh tế hay có tiềm năng hiệu quả kinh tế.

5. Cấp tài nguyên 222 và 332

Mức độ nghiên cứu địa chất: đã thăm dò và có mức độ nghiên cứu địa chất tương tự như cấp trữ lượng 122. Ranh giới được khống chế bởi các công trình thăm dò và ngoại suy theo tài liệu địa chất, địa vật lý, địa hóa. Mức độ tin cậy hơn 50%.

Mức độ nghiên cứu khả thi và hiệu quả kinh tế:

- Cấp tài nguyên 222: Đã được nghiên cứu tiền khả thi chứng minh việc khai thác, chế biến khoáng sản tại thời điểm đánh giá chưa có hiệu quả kinh tế nhưng tương lai có thể có hiệu quả.

- Cấp tài nguyên 332: Được nghiên cứu khái quát nên tại thời điểm đánh giá chưa rõ việc khai thác, chế biến khoáng sản có hiệu quả kinh tế hay có tiềm năng hiệu kinh tế.

6. Cấp tài nguyên 333

Mức độ nghiên cứu địa chất: Được đánh giá, khảo sát, nghiên cứu sơ bộ về hình dạng, thế nằm, sự phân bố các thân khoáng. Ranh giới được khoanh định theo cấu trúc địa chất thuận lợi trên cơ sở tổng hợp các tài liệu địa chất, địa vật lí, địa hóa - khoáng vật kết hợp với một số công trình khoan, khai đào đơn lẻ.

Mức độ nghiên cứu khả thi và hiệu quả kinh tế: Được nghiên cứu khái quát nên chưa rõ việc khai thác, chế biến khoáng sản có hiệu quả kinh tế hay có tiềm năng hiệu quả kinh tế.

7. Tài nguyên khoáng sản rắn dự báo

Cấp tài nguyên 334a: Được suy đoán chủ yếu trên cơ sở tài liệu điều tra cơ bản địa chất về khoáng sản, tỉ lệ 1 : 50.000 - 1 : 25.000 (hoặc lớn hơn), có tiền đề địa chất và dấu hiệu thuận lợi cho tạo quặng. Ngoài ra có thể suy đoán từ kết quả so sánh với các mỏ đã và đang khảo sát, thăm dò có bối cảnh địa chất tương tự.

Cấp tài nguyên 334b: được phỏng đoán chủ yếu trong quá trình điều tra địa chất khu vực tỉ lệ 1 : 200.000 - 1 : 50.000 (hoặc lớn hơn) hay phỏng đoán từ so sánh với những nơi đã điều tra địa chất có các mỏ tương tự.

Đối với các mỏ tổng hợp:

Các khoáng sản và thành phần có ích chính được tính cùng cấp, còn các thành phần có ích đi kèm tuỳ theo mức độ nghiên cứu và đặc điểm phân bố của chúng mà xếp cùng cấp hoặc thấp hơn.

19.2.4. Chuyển đổi cấp trữ lượng và tài nguyên theo phân loại mới

Trước đây các mỏ đã tìm kiếm và thăm dò ở nước ta được xếp vào các cấp trữ lượng và tài nguyên A, B, C1, C2, P1, P2, P3 phải được chuyển đổi sang các cấp trữ lượng và tài nguyên mới.

Hướng dẫn chuyển đổi được quy định trên bảng 19.3.

Bảng 19.3. Hướng dẫn chuyển đổi cấp trữ lượng và tài nguyên khoáng sản rắn

Mức độ nghiên cứu địa chất	Mức độ sử dụng trữ lượng và tài nguyên khoáng sản rắn		Cấp trữ lượng và tài nguyên	
			Cấp cũ	Cấp mới
1. Mỏ đã thăm dò, đã nghiên cứu khả thi, thiết kế khai thác mỏ	Trữ lượng đã huy động vào khai thác		A, B và/hoặc 1 phần C_1	Trữ lượng 111
			C_1 và/hoặc 1 phần C_2	Trữ lượng 122
	Trữ lượng ngoài cân đối và trữ lượng chưa huy động vào khai thác		A, B và/hoặc 1 phần C_1	Tài nguyên 211
			C_1 và/hoặc 1 phần C_2	Tài nguyên 222
			C_2	Tài nguyên 333
			P_1	Tài nguyên 334a
2. Mỏ đã thăm dò, chưa nghiên cứu khả thi, chưa thiết kế khai thác hoặc mỏ chưa khai thác	Trữ lượng đã được Hội đồng Đánh giá trữ lượng khoáng sản hoặc các cơ quan có thẩm quyền phê duyệt	Trữ lượng trong cân đối còn phù hợp với hiện tại	A, B và/hoặc 1 phần C_1	Trữ lượng 121
			C_1 và/hoặc 1 phần C_2	Trữ lượng 122
			C_2	Tài nguyên 333
			P_1	Tài nguyên 334a
		Trữ lượng trong cân đối không còn phù hợp và trữ lượng ngoài cân đối	A, B và/hoặc 1 phần C_1	Tài nguyên 331
			C_1 và/hoặc 1 phần C_2	Tài nguyên 332
			C_2	Tài nguyên 333
			P_1	Tài nguyên 334a
3. Mỏ, điểm mỏ đã được khảo sát (tìm kiếm) hoặc điều tra cơ bản địa chất về khoáng sản			C_1	Tài nguyên 332
			C_2	Tài nguyên 333
			P_1	Tài nguyên 334a
			P_1, P_3	Tài nguyên 334b

19.3. CÁC THÔNG SỐ TÍNH TRỮ LƯỢNG

Trữ lượng được tính theo công thức:

$$P = Q.C$$

$$Q = V.d = S.m.d.$$

Trong đó: P - trữ lượng thành phần có ích;

Q - trữ lượng quặng;

C - hàm lượng trung bình;

S - diện tích thân quặng;

m - chiều dày thân quặng;

d - thể trọng.

19.3.1. Chiều dày thân quặng

- Chiều dày thật của thân quặng là đoạn nối thẳng góc giữa vách và trụ.

- Thân quặng có ranh giới rõ ràng, đo tại công trình.

- Thân quặng không có ranh giới rõ ràng phải xác định qua kết quả phân tích mẫu. Trong thực tế nhiều khi chỉ đo được chiều dày biểu kiến vì thế phải tính ra chiều dày thật.

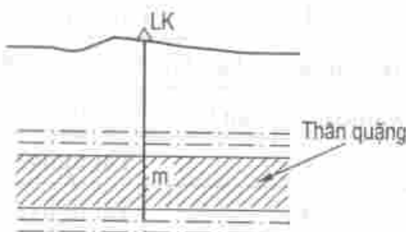
- Theo tài liệu lỗ khoan, chiều dày thật (m_t) có thể được suy ra từ chiều dày biểu kiến (m_{bk}) theo các trường hợp sau:

1- Thân quặng nằm ngang, công trình thẳng đứng (hình 19.1):

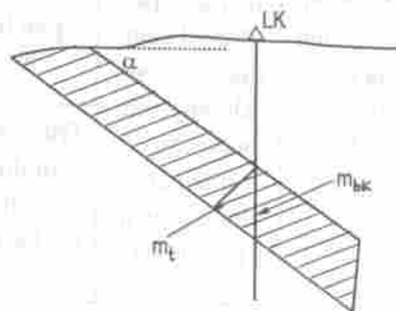
$$m_t = m_{bk}$$

2- Thân quặng nghiêng (1 góc α), công trình đứng, phương thân quặng và phương của trục lỗ khoan thẳng góc với nhau (hình 19.2)

$$m_t = m_{bk} . \cos\alpha$$



Hình 19.1: Thân quặng nằm ngang, công trình thẳng đứng



Hình 19.2: Thân quặng nằm nghiêng, công trình thẳng đứng.

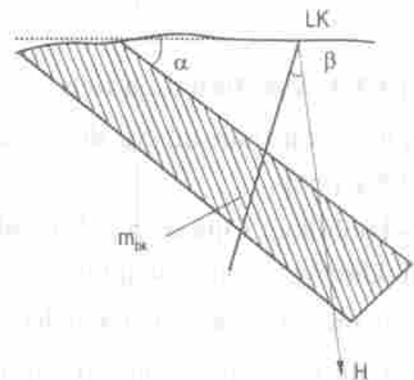
3- Thân quặng nghiêng với góc dốc α, công trình nghiêng, phương thân quặng và phương của trục lỗ khoan thẳng góc nhau:

$$m_i = m_{bk}.\cos(\alpha - \beta)$$

β là góc lệch giữa phương công trình và phương thẳng đứng, α là góc dốc của thân quặng (hình 19.3). Phương công trình và phương thẳng đứng H nằm trong mặt phẳng thẳng góc với đường phương thân quặng.

4- Thân quặng nằm nghiêng, lỗ khoan nằm nghiêng không thẳng góc với đường phương thân quặng mà lệch với mặt phẳng đứng đi qua phương vị hướng dốc một góc γ (hình 19.4) dùng công thức gần đúng như sau:

$$m_i = m_{bk}.\cos(\alpha - \beta).\cos\gamma$$



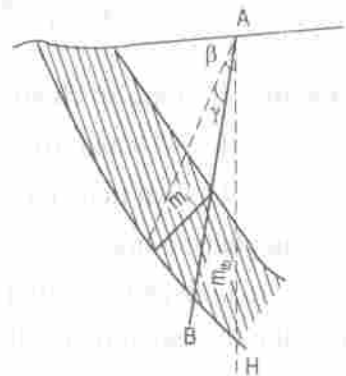
Hình 19.3: Thân quặng nằm nghiêng một góc α, lỗ khoan nằm nghiêng so với trục thẳng đường (H) một góc β

Mặt phẳng đi qua lỗ khoan AB và hướng thẳng đứng H không thẳng góc với đường phương thân quặng.

Chiều dày thân quặng ở những vị trí khác nhau có thể thay đổi nên phải phân tích chiều dày trung bình:

+ Trung bình cộng:

$$m_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{n}$$



Hình 19.4

+ Trung bình gia quyền khi các công trình phân bố không đều. Ví dụ, theo chiều dài ảnh hưởng của các công trình (hình 19.4).

$$m_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i l_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}$$

Với: l_i - khoảng cách ảnh hưởng của công trình.

19.3.2. Xác định hàm lượng

Hàm lượng quặng được tính theo công thức:

$$C = \frac{P}{q}$$

Trong đó: P - trọng lượng phần có ích;

q - trọng lượng mẫu.

Có thể tính hàm lượng trung bình cộng hay trung bình gia quyền theo những yếu tố ảnh hưởng:

$$C_{tb} = \frac{\Sigma C}{n} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_n}{n}$$

Ví dụ trung bình gia quyền theo chiều dày mẫu (m):

$$C_{tb} = \frac{C_1 m_1 + C_2 m_2 + ... + C_n m_n}{m_1 + m_2 + ... + m_3} = \frac{\Sigma Cm}{\Sigma m}$$

19.3.3. Xác định diện tích

Diện tích thân quặng được xác định trên mặt cắt hay bình đồ, có thể dùng các phương pháp:

- Hình học: Chia diện tích thành các hình cơ sở (tam giác, hình vuông,...). Diện tích thân khoáng là tổng các hình cơ sở.

- Planimet: (máy đo diện tích).

- Paletka: là một mạng ô vuông bằng nhựa trong suốt, cạnh hình vuông thường là 1cm hay 0,5cm. Trong mỗi ô có các chấm. Cứ mỗi chấm tương ứng với diện tích $1cm^2$, $0,25cm^2$.

Đặt mạng lên diện tích cần đo tính được diện tích:

$$S = n + \frac{k}{2} t$$

Trong đó: n - tổng số chấm (hay ô vuông) trong hình;

k - số ô nằm trên ranh giới hình;

t - diện tích của mỗi ô.

- Phương pháp số hoá:

Khi có các hình cần xác định diện tích tiến hành số hoá các hình bằng các phần mềm máy tính như mirostation, mapinfo... sẽ xác định được diện tích.

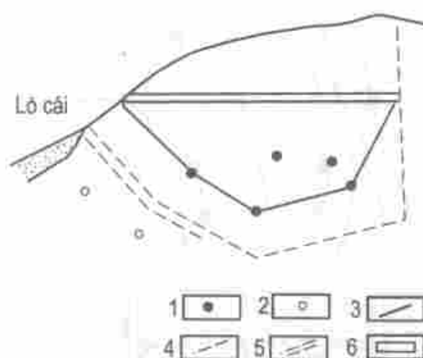
19.4 . XÁC ĐỊNH RANH GIỚI THÂN QUẶNG

Ranh giới thân quặng có thể phân biệt rõ ràng với đá vây quanh hay không thể phân biệt được bằng quan sát mà phải lấy mẫu có hệ thống để xác định thân quặng là phần đạt hàm lượng công nghiệp tối thiểu với phần quặng không đạt giá trị phía ngoài.

19.4.1. Phương pháp khoanh nối thân quặng

Không thể xác định thân quặng một cách trực tiếp bằng công trình mà phần nhiều phải suy diễn.

Ranh giới nội suy (ranh giới trong) là ranh giới nối các công trình gặp quặng (hình 19.5).



Hình 19.5: Xác định ranh giới của thân quặng dốc trong hình chiếu trên mặt phẳng thẳng đứng.

1- Điểm lỗ khoan gặp thân quặng;

2- Lỗ khoan không gặp thân quặng;

3- Ranh giới trong;

4- Ranh giới ngoài không giới hạn;

5- Ranh giới ngoài có giới hạn;

6- Lò gặp quặng.

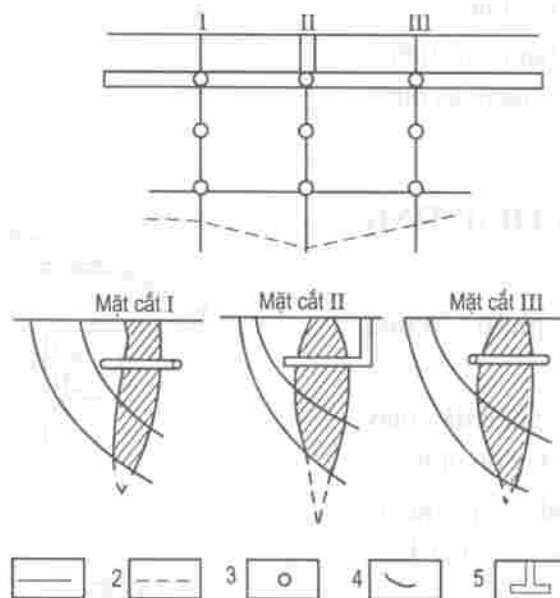
Ranh giới ngoại suy (ranh giới ngoài):

+ Ngoại suy có giới hạn: thường lấy điểm công trình gặp quặng và công trình không gặp quặng.

+ Ngoại suy không giới hạn: là ranh giới giữa công trình gặp quặng và phần ngoài rìa chưa có công trình.

Có nhiều phương pháp ngoại suy:

1- Vẽ ranh giới ngoài theo mặt cắt (hình19.6)

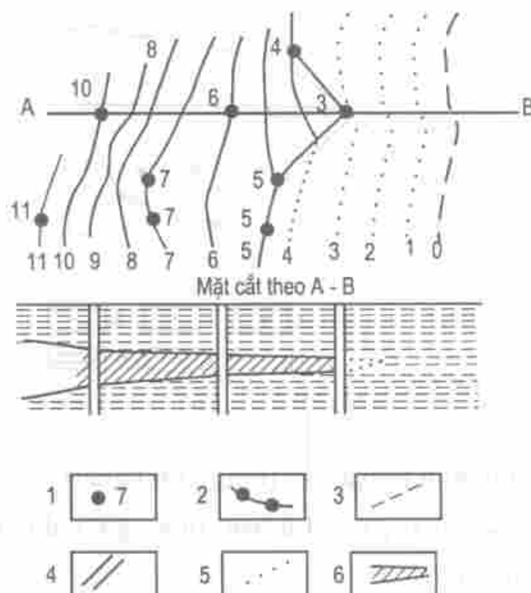


***Hình19.6:** Vẽ ranh giới ngoài theo phương pháp mặt cắt (theo V.I. Smirnov)*
1. Ranh giới trong; 2. Ranh giới ngoài; 3. Lỗ khoan trên bình đồ;
4. Lỗ khoan trên mặt cắt; 5. Lò và giếng.

2- Vẽ ranh giới ngoài theo phương pháp cùng chiều dày (hình19.7)

3- Theo suy diễn từ chiều dài thân quặng: theo phương pháp tam giác bằng nửa chiều dài; phương pháp hình chữ nhật bằng 1/ 4 chiều dài thân quặng đã biết.

4- Phương pháp hình nón với chiều sâu bằng bán kính trung bình của tiết diện thân quặng.



Hình 19.7: Vẽ ranh giới ngoài theo phương pháp cùng chiều dày (theo V.I. Smirnov) Lỗ khoan trên bình đồ và chiều dày thân quặng.

1. Ranh giới trong; 2. Ranh giới ngoài;
3. Đường cùng chiều dày nội suy;
4. Đường cùng chiều dày ngoại suy;
5. Thân quặng trên mặt cắt.

19.4.2. Nguyên tắc phân chia khối tính trữ lượng

+ Khối tính trữ lượng phải đồng nhất về cấu trúc địa chất, cùng mức độ nghiên cứu và thăm dò, có thế nằm và điều kiện ĐCTV - ĐCCT như nhau.

+ Chu vi khối tính trữ lượng không quá phức tạp. Trữ lượng từng khối phù hợp với năng lực khai thác.

Một ví dụ về phân hạng trữ lượng theo công trình thăm dò bằng lò được giới thiệu trên hình 19.8.

19.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TRỮ LƯỢNG

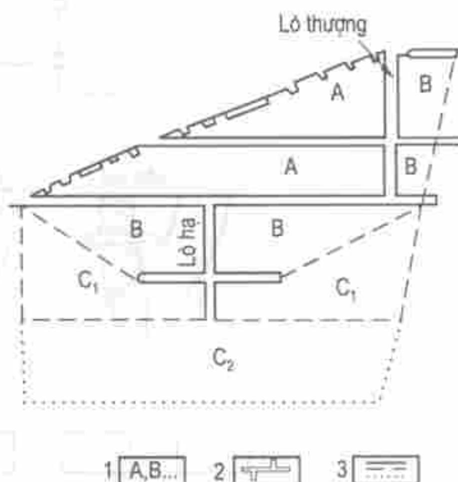
19.5.1. Phương pháp trung bình cộng

Thay khối quặng có chiều dày thay đổi bằng khối có chiều dày ổn định.

Nối các công trình gặp quặng được diện tích trong S_1 và vùng biên được S_2

Trữ lượng thành phần có ích P_1 vùng trong được tính:

$$P_1 = Q_1.C_1 = S_1.M_1.d_1.C_1$$



Hình 19.8: Sơ đồ phân bố cấp trữ lượng thân quặng nằm dốc (tiết diện dọc trên mặt phẳng thẳng đứng) 1- Cấp trữ lượng; 2- Lò; 3- Ranh giới cấp trữ lượng.

Trong đó:

S_1- diện tích;

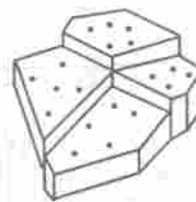
m_1 - chiều dày;

d_1 - thể trọng;

C_1 - hàm lượng thành phần có ích.

Trữ lượng vùng biên được tính tương tự.

19.5.2. Phương pháp khối địa chất (hình 19.9)



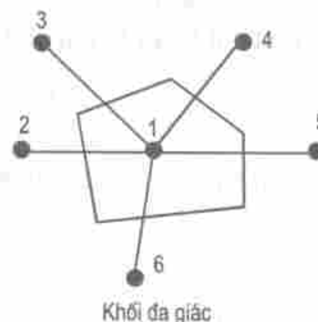
Hình 19.9: Tính trữ lượng theo phương pháp khối địa chất

Chia diện tích thân quặng thành các khối tính trữ lượng. Trữ lượng từng khối được tính theo các công thức như trên:

$$Q = S.m.d \; ; \quad P = Q.C$$

19.5.3. Phương pháp khối khai thác

Phương pháp khối khai thác giống như phương pháp khối địa chất, nhưng các khối thường được giới hạn bằng công trình thăm dò và chuẩn bị khai thác. Trữ lượng tính riêng cho từng khối theo công thức tương tự như phương pháp trên.

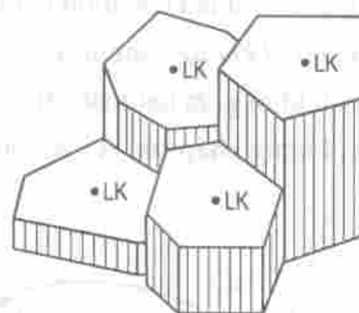


Hình 19.10: Thành lập tiết diện khối đa giác

19.5.4. Phương pháp hình đa giác

Chia thân quặng thành các khối lăng trụ đứng có đáy đa giác. Chiều cao của lăng trụ là chiều dày thân quặng. Đa giác được thành lập trên cơ sở nối thẳng góc từ điểm giữa của khoảng cách đến các công trình lân cận và các tài liệu chiều dày, hàm lượng, thể trọng của lỗ khoan đại diện cho khối đa giác để tính trữ lượng (hình 19.10, 19.11).

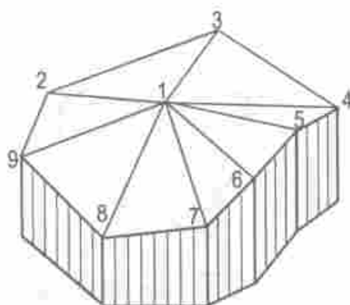
Tuỳ sự phân bố công trình thăm dò mà diện tích có thể là hình chữ nhật, hình vuông v.v...



Hình 19.11: Tính trữ lượng bằng phương pháp hình đa giác

19.5.5. Phương pháp tam giác

Chia thân quặng thành những khối lăng trụ tam giác, đỉnh là các công trình thăm dò (hình 19.12).



Hình 19.12:

a. Xây dựng các hình tam giác theo các phương án khác nhau trên bình đồ.

b. Xây dựng khối lăng trụ tam giác cùng kích thước với hình a.

19.5.6. Phương pháp mặt cắt

Từ hệ thống thăm dò theo tuyến có thể lập mặt cắt thẳng đứng hay nằm ngang, và xác định diện tích trên mặt cắt.

Các mặt cắt song song: thể tích khối quặng giữa hai mặt cắt (V) được tính như sau:

- Nếu 2 mặt cắt S_1 và S_2 chênh lệch nhau < 40% thì theo công thức:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot L$$

- Nếu 2 mặt cắt S_1 và S_2 chênh lệch nhau > 40%:

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 + S_2}}{3} \cdot L$$

Trong đó: L - khoảng cách giữa hai mặt cắt

- Khối ven rìa vát nhọn hình nêm được tính theo : $V = \frac{S}{2} \cdot l$

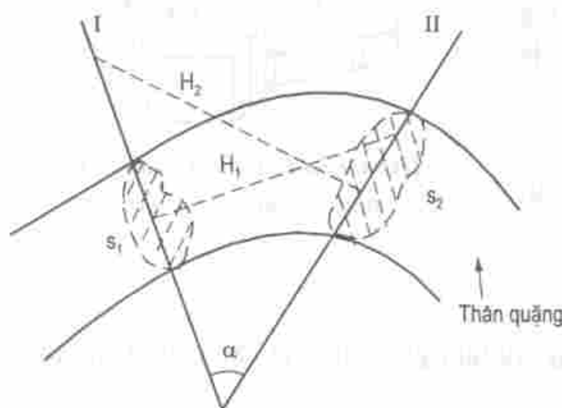
- Nếu khối vên rìa vát nhọn hình nón: $V = \frac{S}{3} \cdot l$

Trong đó: l - chiều cao hình nêm (hay nón).

Các mặt cắt không song song:

Thể tích khối giữa hai mặt cắt có thể tính theo các phương pháp khác nhau.

Theo phương pháp của A . X. Dolotarev, có 2 trường hợp (hình 19.13).



***Hình 19.13:** Tính V bằng xác định trọng tâm tiết diện của các mặt cắt không song song*

+ Nếu góc giữa hai mặt cắt $\alpha < 10^0$ thì thể tích (V) được tính theo công thức:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}$$

+ Nếu $\alpha > 10^0$ thì V được tính như sau:

$$V = \frac{\alpha}{\sin\alpha} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}$$

Trong đó: S_1, S_2 - diện tích của mặt cắt qua thân quặng;

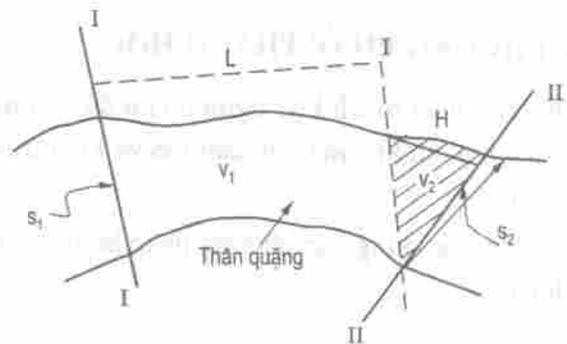
α - góc giữa 2 mặt cắt;

H_1 - chiều dài của đường trực giao thẳng góc với S_1 hạ từ trọng tâm của tiết diện S_1 đến mặt cắt II; H_2 là trực giao của S_2.

Theo phương pháp của Iu. A. Konmogorov, thể tích giữa hai mặt cắt được chia ra 2 khối V_1 và V_2 (xem hình 19.14).

V1 tính theo phương pháp 2 mặt cắt song song như trên.

V_2 tính theo: $V_2 = \frac{1}{2} \cdot S_2.h.$ Trong đó h là chiều cao hạ từ điểm ngoài S_2 đến S_2 ; S_2 là diện tích mặt cắt qua tuyến II.



Hình 19.14: Tính thể tích thân quặng giữa hai mặt cắt không song song theo A. Konmogorov

19.5.7. Phương pháp địa thống kê

Thực hiện các tính toán trên máy tính với các phần mềm chuyên dụng. Thực hiện thực các bước sau:

1 - Phân tích, mô hình hoá thân quặng.

2 - Định hướng thống kê các thông số tính trữ lượng.

3 - Định lượng cấu trúc không gian các thông số nghiên cứu.

4 - Ước lượng các thông số để tính trữ lượng theo loại Kriging thích hợp.

5 - Đánh giá mức độ tin cậy của kết quả.

Nội dung các bước tuy phức tạp nhưng hiện nay đã có nhiều phần mềm máy tính đảm nhiệm như DATAMINE, MICROMINE, GEOTECH, GEOEAS...

Ngoài ra còn sử dụng một số phương pháp khác như phương pháp đẳng trị, đẳng cao tuyến...

CHƯƠNG XX
CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH TRONG ĐỊA CHẤT

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp nghiên cứu và phân tích để hiểu biết thành phần vật chất, cấu tạo và kiến trúc, điều kiện thành tạo quặng, tính chất của đá và quặng cũng như để tính trữ lượng tài nguyên, tìm ra phương pháp tuyển luyện và sử dụng hợp lý khoáng sản.

Dưới đây chỉ giới thiệu rất ngắn gọn những phương pháp hay dùng nhất.

20.1. PHƯƠNG PHÁP THẠCH HỌC

Phương pháp thạch học nghiên cứu đá và quặng dưới kính hiển vi thấu quang để xác định thành phần khoáng vật, cấu tạo và kiến trúc, tên đá cũng như các quá trình biến đổi của chúng.

Đôi khi còn dùng các phương pháp hỗ trợ như vi hoá, tách chiết bằng dung dịch nặng, Phêdorov...

20.2. PHƯƠNG PHÁP KHOÁNG TƯỚNG

Phương pháp khoáng tướng nghiên cứu thành phần khoáng vật, cấu tạo - kiến trúc, xác định các thế hệ và tổ hợp CSKN quặng, cũng như các biến đổi thứ sinh của chúng dưới kính hiển vi phản quang.

20.3. PHƯƠNG PHÁP TRỌNG SA

Phương pháp trọng sa nghiên cứu thành phần, hình dáng tinh thể, độ hạt và các tính chất khác của các khoáng vật trọng sa, tính hàm lượng vật có ích với sự giúp đỡ của kính hai mắt.

Phụ trợ cho phương pháp này, còn dùng phương pháp vi hoá, nhúng, chiết nhờ dung dịch nặng, huỳnh quang...

20.4. NGHIÊN CỨU ĐỘ CỨNG CỦA KHOÁNG VẬT

Độ cứng phụ thuộc vào kiểu kiến trúc và tính vững bền của các mối liên kết các ion hay nguyên tử.

Để xác định độ cứng tương đối người ta so sánh với bảng độ cứng Mohs gồm các khoáng vật có độ cứng từ 1 - 10 theo thứ tự sau:

Khoáng vật		Độ cứng Mohs
Talc	$Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$	1
Thạch cao	$CaSO_4.2H_2O$	2
Canxit	$CaCO_3$	3
Fluorit	CaF_2	4
Apatit	$Ca_5(PO_4)_3.F$	5
Ortocla	$K[AlSi_3O_8]$	6
Thạch anh	SiO_2	7
Topa	$H_2[SiO_4][P,OH]_2$	8
Corindon	Al_2O_3	9
Kim cương	C	10

Nếu khoáng vật đang nghiên cứu vạch được khoáng vật nào thì cứng hơn khoáng vật đó và ngược lại.

Trong khoáng tướng người ta dùng kim đồng và kim sắt để thử độ cứng. Kim đồng vạch được những KV có độ cứng < 3. Kim sắt vạch được các KV có độ cứng < 5.

Để chính xác hơn, người ta dùng máy đo độ cứng gọi là độ cứng tuyệt đối. Trong máy có một cái kim bằng kim cương hay kim loại cứng để thử độ cứng khi ấn một trọng lượng nhất định xuống mẫu mài láng.

20.5. NGHIÊN CỨU CẤU TẠO CHỈ THỊ CỦA LIMONIT

Trong đới oxy hoá, các khoáng vật quặng trong nhóm sunfur và các khoáng vật của sắt hay tạo thành "mũ sắt". Thành phần chủ yếu là limonit. Limonit xuất thân từ các khoáng vật khác nhau có cấu tạo rất đặc trưng, nên gọi là "cấu tạo chỉ thị".

Đó là một bộ khung rỗng bằng silic, ở giữa lấp đầy limonit. Bộ khung đó đặc trưng cho nhiều khoáng vật nguyên sinh khác nhau, nên có ý nghĩa suy đoán các khoáng vật nguyên sinh.

Ví dụ như: cấu tạo ô thô của sphalerit và cancopyrit; cấu tạo dạng hộp tam giác của bornit; hộp viền quanh của tetraedrit, cấu tạo thớ chẻ hay phóng tia của galenit, cấu tạo bọt biển của sphalerit ...

Cấu tạo này có thể quan sát bằng mắt thường ở ngoài thực địa hay nghiên cứu dưới kính.

20.6. NGHIÊN CỨU TIÊU HÌNH KHOÁNG VẬT

Những khoáng vật xuất thân từ những điều kiện địa chất khác nhau thường có những tính chất khác nhau. Những tính chất đó gọi là "tiêu hình khoáng vật".

Nghiên cứu chúng có ý nghĩa rất quan trọng trong việc suy đoán nguồn gốc và giá trị kinh tế trong tìm kiếm.

Ví dụ: casiterit được thành tạo trong các thành hệ khác nhau (pegmatit, thạch anh - casiterit, sunfur - casiterit) có tính tiêu hình khác nhau (hình 20.1).

Tính chất	Các kiểu mỏ		
	Pecmatit Canxitorit	Thạch anh Canxitorit	Sunfua - Canxitorit
Hình dáng	Lưỡng tháp đều	Lăng trụ ngắn	Lăng trụ dài hình kim
Kích thước hạt (mm)	Trung bình (9-10)	Lớn nhất (>10)	Nhỏ nhất (2-3)
Trọng lượng riêng (g/cm^3)	7,1	6,8	
Độ trong suốt	Không trong suốt		Nửa trong suốt
Tính đa sắc	Mạnh		Yếu
Màu	Đen, nâu	Sáng màu hơn	
Song tinh	Hiếm	Thường có	Hiếm
Tính đới	Yếu	Thường có và rõ nhất	Yếu
Các nguyên tố có trong caxitorit			In, W, Nb, Ta

Hình 20.1: Một số tính chất vật lý và hoá học của casiterit trong các mỏ sa khoáng có nguồn gốc khác nhau
(Theo tài liệu của I. Gotman, A. Bonduev, I. Grigoriev, E. Dolomano và nnk)

Đối với sphalerit thành tạo ở nhiệt độ khác nhau cũng có những tính chất khác nhau (bảng 20.1).

Bảng 20.1: Sự biến đổi tính chất của sphlerit theo nhiệt độ thành tạo giảm dần

Tính chất	⟶ Theo nhiệt độ giảm dần			
Màu	Đen	Nâu	Vàng, đỏ	Phớt lục
Đặc trưng của tập hợp khoáng vật	Khối đặc xít	Hiếm thấy tinh thể riêng lẻ. Có cấu trúc liên tinh	Ít thấy khối đặc xít. Tinh thể thường đẹp	Luôn luôn gặp tinh thể đẹp
Màu vết vạch	Xẫm màu	Nâu	Vàng	Trắng
Các nguyên tố đi cùng	Nhiều Fe, Mn, Cd, In, Ga	Ít	Ít hơn	Không có
Độ trong suốt	Không trong suốt	Ở rìa mảnh vỡ cho ánh sáng đi qua		Gần trong suốt

20.7. NGHIÊN CỨU BAO THỂ

Bao thể là những vật thể nhỏ bé ở dạng nước, khí, rắn bên trong khoáng vật hình thành trong quá trình tạo khoáng.

Có nhiều khoáng vật chứa bao thể, nhất là thạch anh, fluorit, canxit, apatit, dolomit, sphalerit...

Nghiên cứu bao thể có thể biết được nhiệt độ thành tạo khoáng vật. Có nhiều phương pháp nghiên cứu:

20.7.1. Phương pháp đồng hoá bao thể

Nếu bao thể có hai pha khí và lỏng, khi nung nóng bao thể pha chiếm ưu thế sẽ tăng dần lên đến lúc lấp đầy bao thể.

Nhiệt độ lúc đồng hoá thấp hơn nhiệt độ tạo khoáng một ít, nên nhiệt độ đó được xem là nhiệt độ tối thiểu để kết tinh khoáng vật.

Người ta dùng máy và thiết bị chuyên dụng có thể đo một cách tự động.

20.7.2. Phương pháp nghiệm lạnh bao thể

Phương pháp nghiệm lạnh bao thể tức là nghiên cứu ở nhiệt độ âm. Phương pháp này có thể xác định thành phần nồng độ muối và các loại khí trong bao thể nhờ nhiệt độ eutecti đóng băng của muối và áp suất thành tạo chúng.

20.7.3. Phương pháp nung nổ bao thể

Người ta nung bao thể ở trạng thái đóng kín trong khoáng vật, làm tăng áp suất bên trong cao hơn nhiệt độ đồng hoá. Áp suất này vượt quá độ bền của vật chất vây quanh và gây ra nổ bao thể. Nhiệt độ nổ bao thể được thừa nhận là nhiệt độ thành tạo khoáng vật chứa bao thể.

20.7.4. Các phương pháp vật lý

Xác định thành phần hoá học của bao thể:

- Phương pháp lazer Raman: dùng nguồn sáng tia lazer bắn vào mẫu để xác định thành phần bằng những vạch phổ Raman.

Phổ Raman có thể phân tích các khí CO_2, N_2, H_2S, H_2O, CH_4; hydrocarbon cả định tính và định lượng với độ nhạy $SO_4^{-2} < 100ppm$, $CO_2^{-2} < 75ppm$, có thể phân tích chất rắn trong bao thể của kim cương, saphyr, êmerôt.

20.7.5. Phương pháp khối phổ

Phân tích thành phần bao thể dựa trên sự tách các tia do ion hoá khối lượng của vật chất, làm rõ số lượng nguyên tử và phát hiện các chất đồng vị trong bao thể.

20.7.6. Phương pháp phổ phát xạ

Xác định thành phần hoá học của mẫu theo phổ phát xạ. Để nhận được phổ phát xạ phải nung nóng mẫu ở nhiệt độ > 1000^0C bằng tia lửa. Nguyên tử hoặc ion bị kích thích và chuyển năng lượng. Năng lượng đó được ghi lại.

20.7.7. Dùng kính hiển vi điện tử quét

Xác định thành phần của bao thể như người ta đã xác định clorit, K, Mg, Fe trong bao thể của topa, clorit C, Na trong bao thể của casiterit…

20.7.8. Phương pháp phân tích hoá bao thể

Người ta dùng nhiều phương pháp chuyên dụng như chiết nước trong bao thể và xác định các ion. Nếu lượng chất lỏng quá ít người ta dùng phương pháp siêu vi hoá.

20.8. NGHIÊN CỨU ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ VÀ PHƯƠNG PHÁP KHỐI PHỔ

Nhiều nguyên tố thành tạo ở dạng hỗn hợp các chất đồng vị. Hiện nay đã biết có 22 nguyên tố đồng vị như Al, Na, P, F, As, Au, Be, C, Si, O,S , Ca, K, Fe, Ti, Rb, Zr, Sn, Pb, Ra, U... Chúng có 2 hay đến 10 đồng vị. Ví dụ:

Oxy có 3 đồng vị: O^{16}, O^{17}, O^{18}.

Lưu huỳnh có 4 đồng vị: S^{32}, S^{33}, S^{34}, S^{36}.

Rubidi có 2 đồng vị: Rb^{85}, Rb^{87}.

Urani có 3 đồng vị: U^{234}, U^{235}, U^{238}.

Có những nguyên tố có số đồng vị cao hơn như Ti: 5; Ca: 6; Sn: 10.

Hàm lượng so sánh giữa các chất đồng vị được biểu thị dưới dạng một tỷ số, ví dụ: $\frac{0^{18}}{0^{16}} = \frac{1}{525} \to \frac{1}{575}$ trong thiên nhiên.

So sánh tỷ số đồng vị có thể biết được điều kiện thành tạo, nhất là so sánh mối liên quan của đá và quặng.

Ví dụ: Trong tự nhiên $\frac{S^{32}}{S^{34}} = 20,4 - 23,6$; Trong thiên thạch: 22,22.

Đặc biệt các chất đồng vị phóng xạ dùng để xác định tuổi tuyệt đối của đá và quặng.

Tốc độ phá huỷ của một nguyên tố phóng xạ được biểu thị bằng chu kỳ bán phá huỷ T. Mỗi nguyên tố có hằng số phân huỷ phóng xạ λ.

Đó là phần nguyên tố bị phá huỷ trong một đơn vị thời gian (bảng 20.2).

Quan hệ đó được biến đổi khi $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$

Hiện nay người ta dùng nhiều phương pháp để xác định tuổi tuyệt đối như phương pháp đồng vị chì, phương pháp argôn, phương pháp stronti.

Bảng 20.2. Thời gian phá huỷ của một số nguyên tố phóng xạ

Nguyên tố	Kiểu phóng xạ	λ	T
U^{238}	α	$1,52.10^{-10}$/năm	$4,5.\ 10^{9}$/năm
AcU^{235}	α	$9,8.\ 10^{-10}$/năm	$7,07.\ 10^{8}$/năm
Th^{232}	α	5.10^{-11}/năm	$1,39.\ 10^{10}$/năm
K^{40}	β	$6,02.\ 10^{-11}$/năm	$1,15.\ 10^{-10}$/năm
Rb^{87}	β	$1,5.\ 10^{-11}$/năm	$4,62.\ 10^{-10}$/năm

Ví dụ: phương pháp argon, tuổi tuyệt đối tính theo công thức:

$$t = \frac{1}{0,43429}\log\left[\frac{\lambda K.Ar^{40}}{\lambda\beta K^{40}}+1\right]$$

Trong đó: $K = 6,02 \times 10^{-11}$ năm.

λ - hằng số phân hủy phóng xạ (là phần nguyên tố phóng xạ trong mỗi đơn vị thời gian như trong 1 năm, một ngày...). Hằng số đó phụ thuộc vào từng nguyên tố.

Ví dụ: K^{40}: $\lambda = 6,02 \times 10^{-11}$/năm.

U^{238}: $\lambda = 1,52 \times 10^{-10}$/năm.

Th^{232}: $\lambda = 5,0 \times 10^{-11}$/năm.

β, α, γ - kiểu phóng xạ.

Mẫu gửi đi phân tích:

- Phương pháp đồng vị của chì là các khoáng vật.
- Phương pháp argon là mica.
- Phương pháp stronti dùng các khoáng vật chứa kali như muscovit, lepidotit, amazonit.

20.9. NGHIÊN CỨU NHIỆT ĐỘ THÀNH TẠO CỦA KHOÁNG VẬT

Để nghiên cứu nhiệt độ thành tạo người ta dùng nhiều phương pháp như:

- So sánh nhiệt độ nóng chảy của đá và quặng trong phòng thí nghiệm.
- Nhiệt độ dung ly của các chất.
- Nhiệt độ cùng kết tinh của các khoáng vật.
- Nhiệt độ phân huỷ dung tích rắn.
- Nhiệt độ chuyển hoá của các khoáng vật đa hình.
- Nhiệt độ phân dải của các khoáng vật.
- Nhiệt độ tách nổ bao thể.

Dựa vào các phương pháp này và nhiều phương pháp khác người ta nêu ra nhiệt độ thành tạo của các tổ hợp khoáng vật, ví dụ:

- Thành tạo ở nhiệt độ cao: magnetit, hematit, casiterit, wonframit, molibđenit, bismutin...

- Nhiệt độ trung bình: cancopyrit, galenit, bismut tự sinh, tetraedrit, barit, canxit...

- Nhiệt độ thấp: antimonit, kinova, auripimen, reanga, argentit, bạc tự sinh, opan, canxedon, ađula, macasit...

20.10. PHÂN TÍCH RƠNGHEN

Để xác định thành phần khoáng vật:

- Phương pháp quay tinh thể:

Người ta dùng tia Rơnghen để chụp một tinh thể quay hoặc tinh thể đứng yên và chụp tia X liên tục.

- Phương pháp giác kế Rơnghen:

Dùng khi tinh thể quay và để tấm phim chuyển động. Tia X sẽ cho ta những vết giao thoa đặc trưng. Từ đó có thể so sánh và tính ra các chỉ số của mặt tinh thể.

- Phương pháp bột hay phương pháp Debai:

Là phương pháp hay dùng nhất vì có thể nghiên cứu những tập hợp khoáng vật, kể cả những hạt rất nhỏ hay ẩn tinh. Các phim được chụp trong phòng riêng, nhận được Debai đồ và so sánh với Debai đồ của những chất đã biết để xác định khoáng vật.

Chỉ cần $5mm^3$ bột vật chất là xác định được khoáng vật.

20.11. PHÂN TÍCH NHIỆT

Cơ sở của phương pháp là sự biến đổi một số tính chất của khoáng vật khi bị nung nóng hay nguội đi (như sự thoát nước, oxy hoá - khử, chuyển biến đa hình...)

Người ta dùng các máy và thiết bị ghi tự động các quá trình biến đổi và nhận được các đường biểu diễn gọi là nhiệt đồ.

Phương pháp này xác định thành phần các ẩn tinh hay hạt rất nhỏ khó xác định bằng các phương pháp khác như sét, kaolin, hydrát nhôm, hydroxyt sắt, carbonat, clorit... Đó là những khoáng vật có chứa nước, OH, CO_2...

20.12. KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ

Kính hiển vi quang học có thể phân biệt được các hạt 0,5μ, nếu dùng ánh sáng tím chỉ phân biệt được hạt 0,2μ. Vì thế để nghiên cứu những vật thể nhỏ hơn phải dùng kính có các chùm tia điện tử, nó có thể quan sát được các hạt 0,002μ như hạt bụi, khói đọng trên kim loại, những bùn vẩn của đất sét. Ngoài hình dạng, kích thước hạt có thể quan sát được cấu trúc tinh thể của các khoáng vật.

20.13. MICROZOND - HIỂN VI ĐIỆN TỬ QUÉT

Phương pháp này có thể xác định mẫu đơn hay đa khoáng.

Đơn khoáng có thể chọn trên mẫu mài láng, thạch học hay gia công riêng để xác định thành phần hoá học của khoáng vật, các dạng tồn tại của tạp chất, tính tỉ lệ % của chúng, từ đó xác định được công thức khoáng vật.

Đối với mẫu đa khoáng: nghiên cứu các nguyên tố trên bề mặt mẫu, định lượng thành phần hoá học, sự phân bố và dạng tồn tại của các nguyên tố phân tán (hỗn hợp cơ học hay thay thế đồng hình). Có thể xác định thành phần hoá học của các bao thể có kích thước $1\mu m^2$.

20.14. PHÂN TÍCH HUỲNH QUANG

Một số khoáng vật có thể phát quang do những nguyên nhân như nung nóng lên (fluorit, apatit...) do lẫn một số nguyên tố hay hợp chất, do tác động của các tia có bước sóng ngắn như tia tử ngoại, âm cực, tia X...

Nhờ phương pháp này có thể phát hiện những hạt khoáng vật rất nhỏ phân tán trong đá và quặng. Khá nhiều khoáng vật có tính phát quang. Trên bảng 20.3 chỉ giới thiệu một số khoáng vật điển hình.

Hiện nay, phương pháp này có thể định lượng được thành phần % của nguyên tố.

Bảng 20.3. Tính phát quang của một số khoáng vật

Khoáng vật	Màu phát quang dưới tác dụng các tia		
	Cực tím	Âm cực	Rơnghen (X)
Kim cương	Xanh lá cây, tím	Xanh da trời	Xanh da trời
Apatit	Hồng, tím, đỏ	Vàng, xanh nhạt	Xanh, vàng
Beryl	Tím	Xanh da trời	Vàng
Canxit	Tím, đỏ	Đỏ	Đỏ
Fluorit	Tím	Tím	Xanh lá cây
Zircon	Vàng	Vàng	Xanh lá cây
Sheelit	Xanh da trời	Xanh da trời	Xanh da trời

20.15. NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG PHÁ HUỶ DUNG DỊCH CỨNG

Nhiều khoáng vật có thể hoà tan vào nhau dưới dạng dung dịch cứng ở một nhiệt độ nhất định. Khi các dung dịch nhiệt dịch nguội đi, các khoáng vật được kết tinh và hoà lẫn vào nhau tạo thành kiến trúc phá huỷ dung dịch cứng hay gọi là kiến trúc êmusi.

Các dung thể có lượng nhỏ hơn tạo thành những thể phân tán sắp xếp theo những quy luật nhất định trong khoáng vật nền, ví dụ ảnh 1.10 ở chương I. Nhiệt độ phá huỷ dung dịch cứng cũng là nhiệt độ làm dung dịch đó đồng nhất và có thể coi là nhiệt độ kết tinh cực tiểu của khoáng vật.

Nhiệt độ phân huỷ dung dịch cứng của một số cặp khoáng vật được nêu ra ở bảng 20.4.

Bảng 20.4. Nhiệt độ phá huỷ dd. cứng của một số cặp khoáng vật

Cặp khoáng vật	Nhiệt độ phá huỷ (C^0)	Cặp khoáng vật	Nhiệt độ phá huỷ (C^0)
Hematit - magnetit	> 1200^0	Cancopyrit - pyrotin	250^0
Magnetit – spinel	800 - 1000^0	Bornit - cancopyrit	300^0
Inmenit - hematit	600 - 700^0	Pyrotin - cancopyrit	255^0
Cancopyrit - sphalerit	350 - 400^0	Cubanit - Cancopyrit	235^0

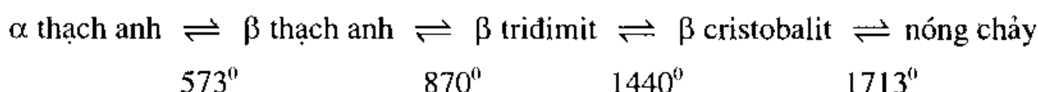
Hiện tượng này quan sát được trong kính khoáng tướng. Từ đó có thể xác định được tổ hợp C.S.K.V.đang nghiên cứu được thành tạo ở nhiệt độ nào. Nhưng trong thực tế nhiệt độ phá huỷ dung dịch cứng có thể thấp hơn nhiều, do các yếu tố như áp suất thành tạo, tính chất của dung dịch trong tự nhiên đa dạng hơn.

20.16. NHIỆT ĐỘ CHUYỂN HOÁ CỦA CÁC KHOÁNG VẬT ĐA HÌNH

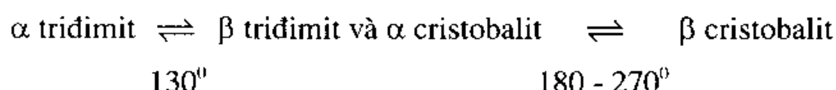
Tính chất này có thể làm nhiệt kế địa chất. Các khoáng vật chuyển hoá chủ yếu phụ thuộc vào nhiệt độ thành tạo, nhưng cũng bị chi phối bởi các yếu tố khác.

Ví dụ một số quá trình chuyển hoá:

Các biến thể của thạch anh chuyển biến theo sơ đồ:



Ngoài ra triđimit và cristobalit ở khu vực nhiệt độ thấp khi bị nguội đột ngột có sự chuyển biến như sau:



Các biến thể đó được xác định theo tinh hệ, tỷ trọng và các đặc tính quang học (bảng 20.5). Từ đó có thể biết được nhiệt độ thành tạo của các khoáng vật đi cùng các loại thạch anh.

Bảng 20.5. Các tính chất quan trọng nhất của các biến thể thạch anh

Biến thể	Tinh hệ	Tỷ trọng	Ng	Nm	Np
Thuỷ tinh thạch anh	-	2,204	-	1,460	-
β ristobalit	Lập phương	2,21	-	-	-
α cristobalit	Bốn phương	2,27	-	1,487	1,484
β riđimit	Sáu phương	2,26	-	-	-
α triđimit	Trực thoi	2,3	1,473	1,470	1,469
β thạch anh	Sáu phương	2,51	-	-	-
α thạch anh	Ba phương	2,655	1,553	1,544	-
Opan		1,9-2,5	-	1,44	

Một số khoáng vật khác cũng có tính chất đó, ví dụ như:

- Sphalerit (lập phương) → vurzit (lục phương) ở nhiệt độ 1020^0C.

- Argentit (lập phương) → acatit (trực thoi) ở nhiệt độ 179^0C.

- Cancosin β (trực thoi) vững bền dưới 91^0C. Từ 91 - 105^0C chuyển thành lục phương sau đó thành lập phương (cancosin α)...

Các định hướng đó rất quan trọng trong nghiên cứu quặng, nhất là nhiệt độ thành tạo.

20.17. XÁC ĐỊNH TỶ TRỌNG CỦA KHOÁNG VẬT VÀ QUẶNG

Tỷ trọng các khoáng vật trong tự nhiên rất khác nhau. Từ 1 - 23. Ví dụ: Thạch cao 2,3; thạch anh 2,65; kim cương 3,5; pyrit 5; casiterit 7; vàng tự sinh 15 - 19; osmi 17; iridi 23.

Có thể xác định tỷ trọng bằng các phương pháp:

1 - Cân khoáng vật rồi xác định thể tích bằng nhúng vào nước.

2 - Nhúng vào nước xem nhẹ đi bao nhiêu.

3 - Dùng máy đo tỷ trọng (tỷ trọng kế).

4 - Dùng các dung dịch nặng v.v...

20.18. XÁC ĐỊNH THỂ TRỌNG

Thể trọng là trọng lượng của 1 đơn vị thể tích của quặng ở trạng thái tự nhiên. Đây là thông số quan trọng trong tính trữ lượng.

Xác định thể trọng (d) bằng công thức:

$$d = \frac{P}{V}$$

P - trọng lượng của mẫu ở trạng thái tự nhiên;

V - thể tích của mẫu.

Phương pháp xác định trong phòng:

- Lấy mẫu rồi bọc một lớp parafin mỏng. Sau khi lấy mẫu cần xác định ngay. Thường lấy 100 - 200g mẫu cho vào bình, thể tích nước trào ra bằng thể tích mẫu.

Phương pháp xác định ngoài thực địa:

Lấy một khối quặng có kích thước $10cm^3$, cân trọng lượng (Q) đo thể tích của không gian phần quặng (V). Thể trọng còn phụ thuộc vào độ ẩm nên khi xác định thể trọng cần phải xác định độ ẩm (W):

$$W = \frac{q_{tn} - q_k}{q_{tn}}.100\%$$

Trong đó: q_{tn} - trọng lượng quặng tự nhiên;

q_k - trọng lượng sau khi sấy khô.

Thể trọng khô (d_k) được xác định bằng:

$$d_k = \frac{d_a(100 - W)}{100}$$

Trong đó: d_k - thể trọng khô;

d_a - thể trọng ẩm;

W - độ ẩm.

20.19. PHÂN TÍCH HOÁ HỌC

Trong nghiên cứu và tính trữ lượng quặng phải phân tích hoá học để xác định các chất có ích và có hại trong quặng.

- Đối với đơn khoáng phải tách được chúng bằng các phương pháp khác nhau. Từ % trọng lượng các chất đem so sánh nguyên tử lượng để biết tỷ lệ các chất và suy ra công thức khoáng vật.

- Trong tìm kiếm, thăm dò phân tích hoá để tính hàm lượng các chất có ích chính, các nguyên tố đi cùng có thể khai thác được và các chất có hại.

Giới hạn phát hiện của phân tích hoá: 0,2 - 0,5%: SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, SO_3, P_2O_5; 0,1%: TR_2O_3, Te_2O_3, FeO, TiO_2, SO_3, BaO, MnO, Cu, Pb, Zn, Sn, As, Sb, Cr, Mo, Zr, Ni, H_2O.

- Phân tích các chỉ tiêu trong than: W, A, V, C, H, Q.

Trong phân tích hoá cũng có nhiều phương pháp khác nhau. ví dụ: Phân tích điện hoá các mẫu đá và quặng có giới hạn phát hiện rất nhạy:

100 - 10 ppm: Zn, Sn, Tl, Te, Se, Mn, Bi, In, Hg.

10 - 1 ppm: Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Cd.

Đối với mẫu nước: 1000 - 100 ppb/ml: Au, Ag, Mn, U.

100 - 10 ppb/ml: Zn, Sn, Bi, Tl, Se, Ni, As.

10 - 5 ppb/ml: Cn, Pb, Cd, Sb, Hg.

20.20. PHÂN TÍCH QUANG PHỔ HỒ QUANG

Các nguyên tố trong khoáng vật, đá, quặng khi bị đốt đều phát ra các tia sáng. Các tia sáng đó được ghi lại và so sánh với các phổ đã biết có thể xác định được các nguyên tố có trong mẫu.

Phương pháp này cho kết quả nhanh nhưng chỉ xác định định tính hay bán định lượng giới hạn phát hiện:

1000 ppm: K, Na, P.U.

100 ppm: Ba, Ca, W, As, Sb, Zn, Ta, Nb, Hg, Ga, Sn, Cl, Tl, Hf, Th, La, Li.

10 ppm: Si, Pb, Zn, Zr, Cu, Cd, Ge, Bi, In, Se; V, Au, At, Mg, Mo, Fe, Mn, Al, Ni, Co, V, Ti, Be, Ag, Vb.

20.21. PHÂN TÍCH PLASMA (ICP)

Dùng để phân tích đá và quặng, cho kết quả nhanh. Phát hiện tương đối tốt trong giới hạn:

100 ppm: Si, Al, Fe, Ti.

20 ppm: As.

10 ppm: Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Co, W, Sn, Cr, Sb, Bi...

0,5 ppm: Ag.

20.22. PHÂN TÍCH HẤP THỤ NGUYÊN TỬ (AAS)

Giới hạn phát hiện:

100 ppm: Hg, Ba.

5 - 10 ppm: Cr, Zn, Mn, Mg, Cd, K,Na, Ag, Li, Rb, Cs, Ar, Ag.

50 ppb: Pt.

20 ppb: Au, Pd.

20.23. NUNG LUYỆN

Nung luyện là phương pháp tách chiết Au, Ag bằng cách nung chảy mẫu và phát hiện Au, Ag rất tốt, khá chính xác.

Giới hạn phát hiện: 0,4 ppm đối với Au, chỉ những mẫu sau khi phân tích HTNT có hàm lượng > 1ppm (1g/t) người ta mới phân tích bằng nung luyện.

20.24. NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN ĐỘ HẠT CỦA KHOÁNG VẬT

Việc nghiên cứu thành phần độ hạt của khoáng vật có nhiều ứng dụng trong thực tiễn:

- Xác định tên đá trầm tích cơ học theo phân loại vật liệu trầm tích (xem bảng 2.2).

- Chỉ ra điều kiện phá huỷ cơ học của môi trường, điều kiện trầm đọng và nơi xuất phát của vật liệu.

- Từ độ hạt có thể rút ra phương pháp làm giàu quặng trong mỏ trọng sa, mỏ trầm tích và đôi khi cả trong các mỏ khác.

- Từ độ hạt có thể xác định phương pháp lấy mẫu, khối lượng mẫu.

Các phương pháp phân loại thành phần độ hạt:

Đối với các đá trầm tích có tính gắn kết chắc, độ hạt được xác định dưới kính hiển vi, có lắp bộ phận đo kích thước hạt ở thị kính. Nhưng kích thước đo được dưới kính (d_1) thường nhỏ hơn đường kính thực của hạt (d), nên người ta phải điều chỉnh theo một hệ số như : $d = 1{,}21d_1$, hoặc các phương pháp khác.

Đối với các trầm tích bở rời như cát, sạn, khoáng vật trọng sa hay được gắn kết yếu như sét, kaolin thường dùng rây, tỷ trọng kế, pipet... để phân loại.

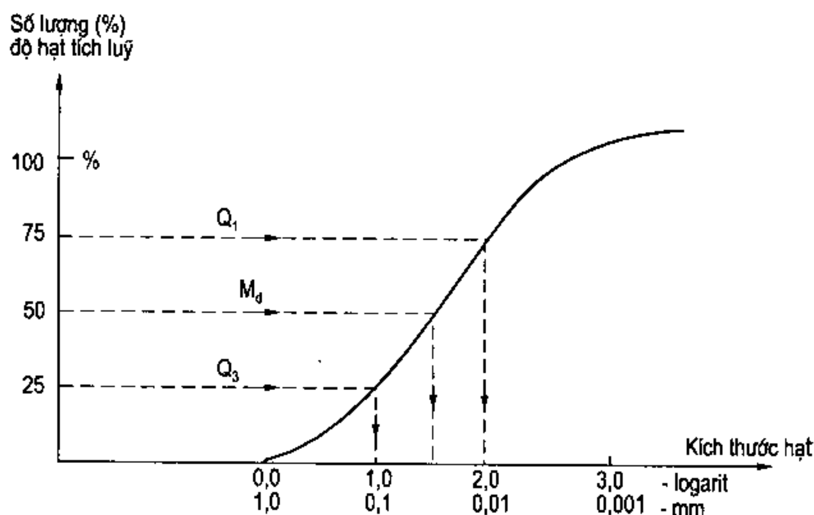
Từ số lượng độ hạt trong mẫu, ví dụ như trên bảng 20.6, ta lập được sơ đồ tích luỹ độ hạt giữa kích thước hạt và tỷ lệ % của các loại (hình 20.2).

Bảng 20.6. Kết quả phân tích độ hạt

Kích thước hạt (mm)	Trị số logarit	Tỷ lệ phần trăm các cấp hạt	Tỷ lệ tích luỹ (%)
1,0		-	-
	0,000		
0,5		2,1	0
	1,699		
0,25		3,5	2,1
	1,398		
0,10		10,2	5,6
	1,000		
0,05		13,3	15,8
	2,699		
0,01		46,5	29,1
	2,000		
0,005		15,4	75,6
	3,899		
0,001		6	91,0
	3,000		
< 0,001		3	97,0

Theo đường cong tích luỹ có thể xác định được đường kính trung bình của hạt trong mẫu (M_d). Trong đó, đường kính trung bình của cấp hạt lớn Q_3 (ở vị trí 25%); cấp hạt nhỏ Q_1 (ở vị trí 75%). Từ đó có thể tính hệ số chọn lọc S_0 (hệ số đồng nhất về độ hạt) theo công thức:

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$



Hình 20.2: *Sơ đồ đường cong tích lũy độ hạt (theo số liệu từ bảng 20.6)*

Hệ số không đối xứng: $S_k = \dfrac{Q_3 x Q_1}{(M.d)^2}$

Theo Rukhin có các trường hợp sau:

S_0 = 1 – 1,58 đá có độ chọn lọc tốt.

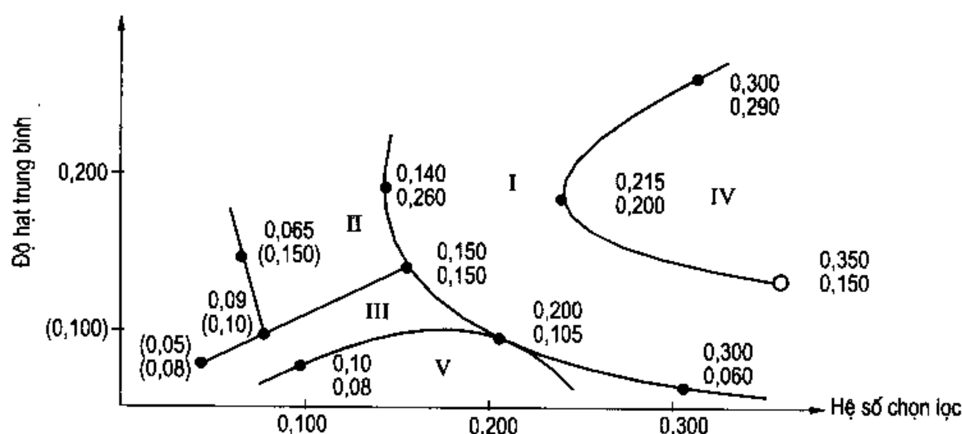
S_0 = 1,58 – 2,12 đá có độ chọn lọc trung bình.

S_0 > 2,12 đá có độ chọn lọc kém.

S_k > 1 hạt tập trung nhiều về phía hạt có kích thước lớn.

S_k < 1 hạt tập trung về phía hạt nhỏ.

Theo kết quả về hệ số chọn lọc, kích thước trung bình của hạt, Rukhin đã xây dựng sơ đồ nguồn gốc độ hạt của cát từ mối liên quan về hệ số chọn lọc, (trục hoành) và kích thước trung bình của hạt (trục tung) (hình 20.3).



Hình 20.3: *Sơ đồ nguồn gốc độ hạt của cát (theo Rukhin)*

I. Cát sông; II. Cát ven biển; III. Cát hồ; IV. Cát sa mạc; V. Không xác định.

Do môi trường khác nhau, tốc độ và tính chất dòng nước khác nhau nên kích thước hạt và độ chọn lọc cũng khác nhau. Từ đó có thể xác định được nguồn gốc trầm đọng khác nhau (sông, ven biển, hồ, biển nông...)

20.25. NGHIÊN CỨU LĨNH VỰC SỬ DỤNG KHOÁNG SẢN

Khoa học kỹ thuật ngày càng phát triển, nhu cầu nguyên vật liệu của loài người ngày càng tăng, đòi hỏi phải sử dụng hợp lý và tiết kiệm, nhất là các nguyên liệu khoáng.

Ví dụ: Trước đây sét, kaolin chỉ dùng làm đồ gốm sứ, nhưng ngày nay đã sử dụng trong nhiều lĩnh vực như vật liệu chịu lửa, vật liệu mài, ximăng, sản xuất nhôm, phèn nhôm, dùng trong công nghệ đúc, cao su, giấy, sơn...

Đolomit dùng sản xuất gạch chịu lửa, chất liệu cách nhiệt, bột mài, sản xuất magne, làm chất trợ dung trong luyện kim, chất kết dính trong sản xuất gạch, công nghiệp thuỷ tinh, hoá chất, dược liệu, giấy, thuộc da, sơn mài, trong nông nghiệp, cải tạo môi trường, trong xây dựng…

Đối vôi hiện nay được dùng trong 48 lĩnh vực khác nhau:

- Dùng trong ngành xây dựng;
- Làm chất trợ dung trong luyện kim;
- Làm ximăng;
- Trong các ngành công nghiệp khác: cao su, độn giấy, chất dẻo, nhuộm, sơn, chất kết dính...;
- Làm dược liệu và thức ăn gia súc;
- Dùng trong nông nghiệp và cải tạo môi trường: làm vôi, lọc và khử nước, xử lý nước thải, cải tạo đất...

Vì thế việc nghiên cứu chất lượng, thành phần của các nguyên liệu khoáng có ý nghĩa kinh tế vô cùng quan trọng.

20.26. PHÂN TÍCH CƠ LÝ ĐẤT ĐÁ

Phân tích này ứng dụng rất nhiều trong địa chất công trình, trong địa chất thăm dò phân tích cơ lý để xác định độ cứng của đá và quặng, định lượng mìn trong công trình, ổn định bờ moong trong khai thác, chọn lưới khoan v.v...

Đối với đất xác định độ ẩm, thành phần độ hạt, thành phần hoá học, tỷ trọng, thể trọng, độ xốp….

Đối với đá và quặng cần xác định độ cứng, độ ẩm, tỷ trọng, thể trọng, cường độ nén, kháng, kéo, độ lỗ hổng, nứt nẻ, độ nguyên khối….

20.27. PHÂN TÍCH NƯỚC

Phân tích nước dùng trong địa chất thuỷ văn, trong địa chất thăm dò, trong nghiên cứu môi trường.

Tuỳ yêu cầu của nhiệm vụ người ta phân tích thành phần hoá học của nước, độ pH, E_h, nồng độ muối, các chất khí hoà tan, độ cứng của nước, độ nhiễm vi trùng, ...

20.28. PHÂN TÍCH BẰNG PHƯƠNG PHÁP NHUỘM MÀU

Đối với một số khoáng vật, việc xác định thành phần khoáng vật bằng kính hiển vi thông thường không thực hiện được vì hạt rất nhỏ như sét, kaolin...

Ngoài các phân tích bằng kính hiển vi điện tử, nhiệt... có thể dùng phương pháp nhuộm màu nhờ các dung môi như mêtylen, crizoiđin, benziđin, HCl, KCl.

+ *Nhuộm bằng benziđin HCl:* Nghiền 1g đá sét, bỏ vào ống nghiệm, thêm 10-15 cm^3 dung dịch benziđin HCl và 1-2 giọt amoniăc, khuấy kỹ được một dung dịch lơ lửng đồng nhất. Để lắng trong 2 giờ rồi quan sát:

Kaolinit không bị nhuộm màu,

Hydromica có màu lục bẩn,

Monmorilonit có màu xanh lục đậm.

+ *Nhuộm màu bằng metylen da trời*

Nghiền 9 - 10cm^3 sét, khuấy trong nước lọc, đổ vào ống nghiệm, cho vào 0,5- 1,5 cm^3 metylen da trời nồng độ 0,01% và chia làm 3 phần:

Phần thứ nhất sau 8 - 12 giờ quan sát,

Phần thứ hai cho thêm KCl vào, sau 8 - 12 giờ quan sát,

Phần thứ ba lại cho thêm 0,5 cm^3 metylen, phơi khô trong không khí và quan sát.

Người ta có thể nhận biết các khoáng vật bằng màu như thể hiện trên bảng 20.6.

Bảng 20.6. Xác định khoáng vật sét bằng phương pháp nhuộm màu (theo M. F. Viculov)

Tên khoáng vật	Metylen da trời 0,001%	Metylen da trời và HCl	D.d. bảo hoà benziđin HCl	Crizoidin 0,01%
Kaolinit	Tím	Tím	Không màu	Vàng
Nacrit	Tm xanh	Tím xanh	Không màu	Vàng phớt hồng
Đickit	Xanh tím	Xanh tím	Không màu	Vàng
Hydromica(monmotecmit)	Tím xanh	Xanh da trời	Xanh lục	Vàng phơt nâu
Monmorilonit	Tím xanh	Xanh da trời	Lục xám	Vàng bẩn
Beiđelit	Lục cỏ	Lục cỏ	Lục	Đỏ nâu
Nôntronit	Xanh tím	Lục	Lục	Đỏ nâu
Haloizit	Tím	Tím xanh	Xanh lục	Đỏ gạch

Đối với đá carbonat nhiều khi dùng kính hiển vi khó phân biệt được, có thể nhuộm màu trên lát mỏng hay trong ống nghiệm theo cách tương tự bằng các dung môi khác nhau cũng có thể phân biệt được canxit, đôlomit, ankêrit, magnezit, aragonit, siđerit...

20.29. PHÂN CHIA VÀ XÁC ĐỊNH KHOÁNG VẬT BẰNG DUNG DỊCH NẶNG

Dùng để phân chia và xác định khoáng vật trọng sa, trong giã đãi nhân tạo, tuyển khoáng...

Để tách các khoáng vật có trọng lượng khác nhau dùng các dung dịch khác nhau. Các dung dịch đó phải đạt tiêu chuẩn sau :

- Có trọng lượng riêng lớn ,
- Trong suốt, không màu hoặc nhạt màu,
- Không tạo phản ứng hoá học làm phá vỡ khoáng vật và nó không bị phá huỷ
- Dễ cô đặc hay pha loãng với các dung dịch khác
- Rẻ tiền và dễ chuẩn bị, có thể dùng lại được.

Người ta hay dùng các dung dịch sau:

Bromofoc: $CHBr_3$. Chất lỏng linh động, không màu; d = 2,9; hoà tan trong cồn, rượu, ête, benzen...

Iođur: gồm hai loại muối kết hợp HgI_2 và 2KI. Chất lỏng màu vàng nhạt; d = 3,19 – 3,2. Dễ tan trong nước. Sau khi dùng rửa lại dung dịch chứa 2% KI

Mêtylen iod: CH_2I_2. Chất lỏng màu vàng nhạt, linh động. d = 3,33. Hoà tan trong nước, ête, benzen

Cleina: hỗn hợp có công thức $9WO_3.B_2O_3.2Cd(OH)_2.16H_2O$. Dung dịch có màu vàng nhạt, dễ pha loãng với nước, d = 3,36

Ngoài ra có thể dùng các chất khác, ví dụ như Clerisi: $CH_2(COO)_2Tl_2$ + HCOOTl; màu vàng nhạt, d = 4,27. Nitrat bạc $AgNO_3$; d = 4,1. Clorur chì $PbCl_2$, d = 5.

20.30. PHƯƠNG PHÁP VI HOÁ

Phương pháp vi hoá là một trong những phương pháp quan trọng để xác định khoáng vật, nhất là trong trọng sa, thạch học, khoáng tướng. Phương pháp có thể thực hiện ngoài trời hay trong phòng một cách nhanh chóng và ít tốn kém. Thường chỉ cần 1 - 2 hạt nhỏ bằng một vài giọt dung dịch hoặc vài tinh thể chất thí nghiệm. Hầu như các khoáng vật quặng và phi quặng đều có thể xác định bằng vi hoá, nhưng dưới đây chỉ nêu một số ví dụ điển hình.

Xác định đồng trong cancopyrit: Hoà tan 1- 2 hạt khoáng vật trong nước cường toan, thêm NH_4OH cho đến khi xuất hiện một lớp cặn màu nâu, đó là $Fe(OH)_3$. Dung dịch phía trên có màu xanh. Đó là muối đồng.

Xác định mangan: Hoà tan 1- 2 hạt khoáng vật trong 3 - 4 giọt H_2SO_4 đặc.

Thêm vào 2 - 3 giọt $AgNO_3$ và vài tinh thể $(NH_4)_2S_2O_8$. Dung dịch có màu tím.

Mn trong psilomelan và pyroluzit: Hoà tan khoáng vật trong HCl đặc sẽ thoát ra khí Cl_2. Dung dịch còn lại có màu nâu sẫm.

Phát hiện Pt tự sinh : Hoà tan khoáng vật trong nước cường toan, sấy khô. Cho 2 - 3 giọt HCl vào, sấy tiếp. Cặn đó được hoà tan trong vài giọt nước, thêm vào H_2SO_4 và tinh thể KI. Dung dịch nhuộm màu đỏ.

Xác định Fe^{+3}: Hoà tan 1 - 2 hạt khoáng vật trong vài giọt HCl, thêm vài giọt KCNS. Dung dịch có màu đỏ. Nếu khoáng vật không tan trong axit thì đun chảy trong sôđa, sau đó hoà tan trong HCl.

Xác định Cr: Nung chảy vài hạt khoáng vật với sôđa và KNO_3 trên đầu 1 sợi dây platin. Hỗn hợp đó tan trong nước. Lọc lấy dung dịch có màu vàng nhạt. Cho axit axetic và vài giọt $AgNO_3$ vào, sẽ lắng cặn màu nâu hồng của Ag_2CrO_4.

Xác định Zn: Hoà tan vài hạt khoáng vật trong 3 - 4 giọt HCl đặc, đun nóng. Thêm 1 giọt $K_4[Fe(CN)_6]$ tạo cặn màu xanh da trời của $Zn_2[Fe(CN)_6]$.

Xác định casiterit: Cho 1 hạt casiterit lên 1 miếng kẽm, nhỏ lên đó vài giọt HCl, chờ 1 - 2 phút, trên tấm kẽm xuất hiện một đám màu trắng thiếc. Đó là Sn kim loại.

Phát hiện As: Cho vài hạt khoáng vật và vài giọt HNO_3 đun sôi. Cho bay hơi đến khô. Sau đó thêm vài giọt HCl và vài tinh thể KI. Sự có mặt của As sẽ tạo cặn màu da cam của AsI_3.

Xác định antimonit bằng KOH: Đun sôi 1 - 2 hạt khoáng vật trong KOH. Khoáng vật hoà tan và tạo cặn có màu đỏ da cam.

Xác định Ag bằng HCl: Hoà tan vài hạt khoáng vật trong vài giọt HNO_3, cho thêm vài giọt nước và một giọt HCl sẽ tạo cặn màu trắng phomat của AgCl, nhưng cặn đó dễ tan trong NH_4OH.

Xác định Mo: Cho vài hạt khoáng vật hoà tan trong sôđa đầu một sợi dây platin. Nhúng nó vào 3 - 4 giọt HCl sẽ nhận được dung dịch axit yếu. Thêm vào đó 1 tinh thể xantogenat kali. Dung dịch có màu hồng hoặc đỏ sẫm của hợp chất $MoO_3[SC(SK)(OC_2H_5]_2$.

Xác định vàng bằng $SnCl_2$: Hoà tan 1 - 2 hạt khoáng vật trong cường toan. Đun cho dung dịch bay hơi đến khô. Cho vài giọt nước và dung dịch $SnCl_2$. Nếu là vàng sẽ tạo thành cặn màu vàng tươi và keo $Sn(OH)_2$. Cặn đó hoà tan trong NH_4OH và tạo thành dung dịch có màu đỏ.

Xác định côban: Hoà tan vài hạt khoáng vật trong 5 - 6 giọt cường toan, đun nóng, dung dịch được trung hoà bằng NH_4OH. Thêm vài tinh thể NH_4CNS và 5 - 6 giọt axêton. Sự có mặt của coban sẽ tạo ra dung dịch màu xanh.

Các phản ứng nêu trên rất đặc trưng bằng màu nên dễ nhận biết, dễ làm, ít tốn kém nguyên vật liệu. Có những nguyên tố được xác định với vài phép thử khác nhau. Nhiều khi trong khoáng vật có lẫn một số nguyên tố khác, nhưng cũng có thể khắc phục được. Ví dụ một phản ứng khác nhận biết Mo như sau: Hoà tan 1 - 2 hạt khoáng vật trong 2 - 3 giọt HNO_3 đun nóng cho axit thật khô. Hoà tan chất đó vào vài giọt HCl đun tiếp. Lọc dung dịch đó trên giấy lọc, thấm khô. Thêm vài giọt KCNS. Nếu trong khoáng vật có Fe^{+3} tham gia sẽ tạo thành các vết đốm màu đỏ. Nếu không có Fe^{3} thì vết đốm màu vàng. Thêm vào $SnCl_2$ thì màu đỏ của Fe sẽ biến mất nhưng lại xuất hiện màu đỏ tươi của $K_3[Mo(CNS)_6]$.

20.31. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC TÌM KIẾM, THĂM DÒ, KHAI THÁC TỚI MÔI TRƯỜNG VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

Tìm kiếm, thăm dò và khai thác đôi khi ảnh hưởng đên môi trường. Đó thường là:

- Khi khoan hay đào công trình thường làm thay đổi môi trường môi sinh.

- Việc nổ mìn phá đá ảnh hưởng đến sự ổn định của đất đá, nhất là dọc bờ moong công trường khai thác, dọc taluy đường giao thông và nhà cửa, công trình xây dựng...

- Các chất thải rắn trôi xuống phá hoại cây cối, ngăn cản dòng chảy.

- Các chất có hại khi khai thác như dùng xianua, thuỷ ngân khi lọc vàng, các hoá chất khác khi tuyển quặng.

- Các khoáng vật và hợp chất có tính chất độc hại rơi vãi trong quá trình thăm dò, khai thác như Pb, Hg, As... hoà tan trong nguồn nước.

- Các khí độc thoát ra từ khai thác như CO, CO_2, Cl_2, SO_2...

- Bụi mỏ và tiếng ồn khi thi công các công trình và khi khai thác.

Vì thế trong các dự án thăm dò và khai thác cần phải nghiên cứu các tác hại đó và tìm các biện pháp khắc phục.

Ngoài ra trong địa chất còn dùng nhiều phương pháp nghiên cứu và phân tích khác. Một số phương pháp đã nói trong các chương trên. Ví dụ trong phương pháp phân tích hoá còn có: phương pháp so màu, nhỏ giọt, vi hoá, điện hoá... Một số phương pháp cũng dùng nhiều trong địa chất nhưng do khuôn khổ của cuốn sách không đưa hết được như phương pháp cổ sinh địa tầng, bào tử phấn hoa, tin học, toán địa chất, các phương pháp nghiên cứu khe nứt kiến tạo, trường ứng suất để phân chia các pha kiến tạo... Một số phương pháp ít dùng hơn như ống thổi, phương pháp Fêđorov... Một số phương pháp mới thử nghiệm như kích hoạt neutron, lazer, hạt nhân nguyên tử, viễn thám... sẽ nghiên cứu, chọn lọc đưa vào sau.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1

Bảng 1.2. Các khoáng vật tạo quặng chính

Tên khoáng vật	Gốc tiếng Pháp[*] Tiếng Anh (A)[**] Tiếng Đức (Đ)	Công thức (ký hiệu)
1	*2*	*3*
ARSEN (As)		
Arsen tự sinh	Arsenic	As
Alêmôntit	Allémontite	AsSb
Rêalga****	Réalgar	AsS
Orpimen	Orpiment	As_2S_3
Lơlingit	Lolingite	$FeAs_2$
Arsenopyrit	Arsénopyrite	FeAsS
Tenantit	Tennantite	Cu_3AsS_3
Enacgit	Énargite	Cu_3AsS_4
Arsênôlit	A rsénolite	As_2O_3
Clôđêlit	Claudélite	As_2O_3
Symplêsit	Symplesite	$Fe_3[AsO_4].8H_2O$
Scôrôdit	Scorodite	$FeAsO_4.2h_2O$
Phacmacôsiđêrit	Pharmacosidérite	$Fe_5[AsO_4]_3[OH]_6.6H_2O$
Ferisymplêzit	Ferrisymplésite	$Fe_3[AsO_4]_2[OH]_3.6H_2O$
BẠC (Ag)		
Bạc tự sinh	Argent natif	Ag
Bạc hỗn hống	Amalgamenaturel; Silveramalgam (A)	Hg_3Ag_2
Đyscrazit	Dyscrasite	Ag_3Sb
Argentit	Argentite (A), Acanthite	Ag_2S
Strômâyêrit	Stromeyérite	Cu_2S, Ag_2S
Gianpait	Jalpaite	$3Ag_2S$. Cu_2S

[*] *Tiếng Pháp không chú thích thêm*

[**] *Gốc tiếng Anh ghi chú chữ (A)*

Gốc tiếng Đức ghi chú chữ (Đ)

[***] *Các khoáng vật có giá trị nhất (in đậm)*

1	*2*	*3*
Aguilarit	Aguilarite	$Ag_2(Se,S)$
Nômanit	Naumannite	Ag_2Se
Stenbergit	Sternbergite	$AgFe_2S_3$
Hexit	Hessite	Ag_2Te
Petzit	Petzite	$(Ag, Au)_2 Te$
Polybazit	Polybasite	$(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$
Piêcxeit	Pearceite (A)	$(Ag, Cu)_{16}As_2S_{11}$
Pôlyacgyrit	Polyargyrite	$Ag_{24}Sb_2S_{15}$
Stephanit	Stéphanite	Ag_5SbS_4
Pyracgyrit	Pyrargyrite	Ag_3SbS_3
Prustit	Proustite	Ag_3AsS_3
Pyrostinponit	Pyrostilpnite	Ag_3Sb_3
Miacgyrit	Miargyrite	$AgSbS_2$
Trechmanit	Trechmanite	$AgAsS_2$
Argyrôđit	Argyrodite	Ag_8GeS_6
Canfieldit	Canfieldite	Ag_8SnS_6
Matindit	Matildite	$AgBiS_2$
Simêrit	Schirmérite	$Ag_4PbBi_4S_9$
Alaskait	Alaskaite	$(Ag, Cu)_2PbBi_4S_8$?
Xerargyrit	Cerargyrit	AgCl
Embôlit	Embolite	Ag(Cl,Br)
Brômyrit	Bromyrit	AgBr
Iôđôbrômit	Iodobromite	Ag (Cl, Br, I)
Miecsit	Miersite	4Ag I.CuI
Giôđyrit	Jodyrite	AgI
Argentogiarosit	Argentojarosite	$AgFe_3 [SO_4]_2 [OH]_6$
BẠCH KIM (Pt)		
Bạch kim	Platine	Pt
Pôlyexen	Polyxene	(Pt, Fe)
Ferôplatin	Ferroplatinum	Pt, Fe
Cuprôplatin	Cuproplatinum	(Pt, Fe,Cu)
Bạch kim-nickel	Nickel platinum	(Pt, Fe, Ni, Cu)
Bạc kim Paladi	Palladous platinum (A)	(Pt, Pd)
Paladi	Palladium	Pd
Alôpalađi	Allopalladium	Pd
Pôtarit	Potarite	(Pb, Hg)
Pocpêsit	Porpêsite	(Au, Pd)
Stibiôpalađinit	Stibiopalladinite	Pd_3Sb
Stanôpalađinit	Stanopalladinite	Pd_3Sn_2
Iridi-bạch kim		(Ir, Pt)

1	2	3
Ôsmiriđi	Osmiride	(Ir, Os)
Nêvyanskit	Neuvyanskite (A)	(Ir, Os)
Syxerskit	Syssersklie (A)	Os, Ir
Cupêrit	Cooperite (A)	Pt S
Bregit		(Pt, Pd, Ni) S
Sperylit	Sperrylite	Pt, As_2
Palađit	Palladite	PtO
BARY (Ba)		
Vitêrit	Withéritet	$BaCO_3$
Barytôcanxit	Barytocalcite	$BaCa[CO_3]_2$
Baryt	Baryte	$BAsO_4$
Hyalôphan	Hyalophane	K Al $[Si_3O_9]Ba[Al_2Si_2O_9]$
Xensian	Celsian	Ba $[Al_2Si_2O_9]$
BÊRYLI (Be)		
Brômelit	Bromellite	BeO
Cryzôbêryl	Chrysoberyl	$BeAl_2O_4$
Svêdenbocgit	Swedenborgite	$NaBe_4SBO_7$
Bêrylônit	Béryllonite	Na Be PO_4
Hecđêrit	Hecdérite	Be $CaPO_4$ [F, OH]
Hambecgit	Hambergite	Be_2BO_4 [OH]
Phênaxit	Phénacite	Be_2SiO_4
Ơclas	Euclase	$Be_2Al_2Si_2O_2$ $[OH]_2$
Gadolinit	Gadolinite	$Y_2FeBe_2Si_2O_{10}$
Bectrandit	Bertrandite	$Be_4Si_2O_7$ $[OH]_2$
Barylit	Barylite	$Be_2BaSi_2O_7$
Bêryl	Béryl	Be_3Al_2 $[Si_6O_{18}]$
Milarit	Milarite	$K(Be, Al)_3Ca_2[Si_{12}(O,OH)_3]$
Bavênit	Bavénite	Ca, $BeAl_2Si_9O_{25}[OH]_2$
Trimêrit	Trimérite	$(Ca, Mn)_2Be_3Si_3O_{12}$
Ơđiđimit	Eudidimite	$NaBeSi_3O_7$ [OH]
Êpiđiđimit	Épididimite	Na Be Si_3O_7 [OH]
Henvin	Helvine	$(Mn,Fe)_8[BeSiO_4]_6S_2$
Đanalit	Danalite	Fe_8 $[BeSiO_4]_6S_2$
BISMUT (Bi)		
Bismut tự nhiên	Bismuth natif	Bi
Telurôbismutit	Tellurobissmuthite	Bi_2Te_3
Têtradymit	Tetradymite	Bi_2Te_2S
Bismutin	Bismuthine	Bi_2S_3

1	2	3
Guanagiuatit	Guanajuatite	$Bi_2(Se, S)_3$
Galen (chứa Bi)	Galéne	PbS
Mantindit	Matildite	$AgBiS_2$
Emplêctit	Emplectite	$CuBiS_2$
Vitisênit	Witichenite	Cu_3BiS_3
Klaprôtit	Klaprothite	Cu_3BiS_3
Alaskait(Alaskait)	Alaskaite	$(Ag, Cu)_2 PbBi_4S_6$
Bengiaminit	Bẹnjaminite	$(Cu, Ag) PbBi_2S_4$
Hamarit	Hammarite	$Cu_2Pb_2Bi_2S_9$
Béegérit	Beegérite	$Pb_6Bi_2S_9$
Gunarit	Gunharrite	$Pb_2Bi_2S_7$
Lilianit	Lilianite	$Pb_3Bi_2S_6$
Côsalit	Cosalite	$Pb_2Bi_2S_5$
Galenôbismutit	Galenobismutite	$Pb Bi_2S_4$
Simêrit	Schirmerite	$Ag_4Pb Bi_4S_9$
Aikinit	Aikinite	$Cu Pb Bi S_3$
Linstrômit	Lindstromite	$Cu Pb Bi_3S_6$
Gladit	Gladite	$Cu Pb Bi_5S_9$
Rêdơbanyit	Rezbanyitc, Retzanyit (A)	$Cu_2Pb_3Bi_{10}S_{19}$
Bismit	Bismite	Bi_2O_3
Silênit	Sillénite	Bi_2O_3
Rudêlit	Russelite	$(Bi_2W)O_3$
Đôbrêit	Daubréeite	$BiOCl$
Bismutit	Bismuthite	$Bi_2CO_3[OH]_4$
Puserit	Puchérite	$BiVO_4$
Rudơventit	Rooseveltite (A)	BiA_2O_4
Atêleslit	Atélestite	$Bi_3A_6O_4 [OH]_2O_2$
Ơlytin	Eulytine	$Bi_4[SiO_4]_3$
	BO (B)	
Saxôlin	Sassoline	$B (OH)_3$
Êrêmêyêvit	Éréméyévite	$AlBO_3$
Asarit	Ascharite	$(Mg,Fe)_2Fe[BO_3]O_2$
Bôraxit	Boracite	$Mg_6B_{14}O_{20}Cl_2$
Borăc	Borax	$Na_2B_4O_2.10H_2O$
Bôrônatrôcanxit	Boronatrocalcite	$NaCaB_5O_9.8H_2O$
Indêrit	Inderite	$Mg_2B_6O_{11}.15H_2O$
Cuôcnacôvit		$Mg_2B_6O_{11}.13H_2O$
Indecdôrit	Inderdorite	$MgCaB_6O_{11}.11H_2O$
Hydrobôraxit	Hydroboracite	$MgCaB_6O_{11}. 6H_2O$

1	2	3
Inyôit	Inyoite	$CaB_6O_{11}.13H_2O$
Colêmanit	Colémanite	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$
Pandermit	Pandermite	$Ca_4B_{10}O_{19}.7H_2O$
Đatôlit	Datolite, Datolithe	$Ca BSiO_4[OH]_3$
Đanburit	Danburite	$Ca B_2 [SiO_4]_2$
Acxinit	Axinite	$Ca_2(Mn,Fe)Al_2BSi_40_{15}[OH]$
Turmalin	Tourmaline	$(Na, Ca) (Mg, Al)_6[B_3Al_3 Si_6$ - $(O,OH)_{30}]$
CADIMI (Cd)		
Grinôckit	Greenockite	CdS
Sphalêrit chứa Cd	(Blende, sphalérite)	ZnS
Môntêpônit	Montéponite	CdO
Ôtavit	Otavite	$CdCO_3$
CALCI (Ca)		
Fluorit, Fluorin	Fluorine, Fluôrit(A)	CaF_2
Nhóm Pêrôpskit	Pérofskite, Pérowskite	$CaTiO_3$
Nhóm Pyroclo	Pyrochlore	$(Na, Ca)_2(Nb, Ti)_2O_6[F, OH]$
Canxit	Calcite	$CaCO_3$
Aragônit	Aragonite	$CaCO_3$
Đôlômit	Dolomite	$CaMg (CO_3)_2$
Anhydrit	Anhydrite	$CAsO_4$
Thạch cao	Gypse	$CASO_4.2H_2O$
Sheelit	Scheelite	$CaWO_4$
Pôvêlit	Powellite	$CaMoO_4$
Apatit	Apatite	$Ca_5[PO_4]_3[F, Cl]$
Côlêmanit	Colêmanite	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$
Inyôit	Inyoite	$Ca_2B_6O_{11}.13H_2O$
Hyđrôbôraxit	Hydroboracite	$CaMgB_6O_{11}.6H_2O$
Inđecbôrit	Inderborite	$CaMgB_6O_{11}.11H_2O$
Lacnit	Larnite	Ca_2SiO_4
Nhóm Granat	Grenat	
Vêzuvian	(Vésuvienne; - Vesuvianite A) Vesuvian (Đ)	$Ca_3Al_2[SiO_4]_2(OH)_4$
Sphen	Sphene	$CaTi [SiO_4]O$
Axinit	Axinite	$Ca_2(Mn,Fe), Al_2BSi_4O_{15} [OH]$
Đatôlit	Datolite	$CaB [SiO_2][OH]$
Vôlastônit	Wollastonite	$CaSiO_3$
Pumpelyit	Pumpellyite	$Ca_2Al_3Si_3O_{11}[OH]_3$
Prênit	Prehnite	$Ca_2Al_2Si_3O_{10} [OH]_2$

1	2	3
Macgarit Nhóm scapolit Nhóm zeôlit(chứa canxi)	Margarite Scapolite Zéolite	$CaAl_2[Al_2Si_2O_{10}]$ $[OH]_2$
	CÊSI (Cs)	
Rôđizit Vôrôbyêvit Poluxit	Rhodizite Worobyevite (A) Pollucite-Pollux	$KNali_4Al_4Be_3B_{10}O_{27}$ $Cs(Be, Li)_3$ $[OH)]_2$ Cs $[AlSi_2O_6]$
	CHÌ (Pb)	
Galênit	Galénite	PbS
Antait	Altaite	$PbTe$
Clôstalit	Clausthalite	$PbSe$
Sactôrit	Sartorite	$PbAs_2S_4$
Bômhôêtrit	Baumhauérite	$Pb_3As_6S_{13}$
Đufrênoyzit	Đufrénoysite	$Pb_4As_2S_{24}$
Giođanit	Jodanite	$Pb_{14}As_7S_{24}$
Grâylônit		$Pb_9As_4S_{15}$
Zinkenit	Zinkénite	$PbSb_2S_4$
Plagionit	Plagionite	$Pb_3Sb_8S_{17}$
Semsêit	Semseyite	$Pb_9Sb_8S_{21}$
Bulangiêrit	Boulangérite	$Pb_5Sb_4S_{11}$
Giemsonit	Jaimsonite	$Pb_4FeSb_6S_{14}$
Meneghinit	Ménéghinite	$Pb_{13}Sb_7S_{23}$
Galenôbismutit	Galenobismutite (A)	$PbBi_2S_4$
Plalynit	Plalynite (A)	$Pb, Bi (Se, S)_3$
Vitit	Wittite	$Pb_5Bi_6S_{14}$
Cosalit	Cosalite	$Pb_2Bi_2S_3$
Lilianit	Lillianite	$Pb_3Bi_2S_6$
Gunarit	Gunharrite	$Pb_4Bi_2S_7$
Begêrit	Beegérite	Pb_6Bi_2Sg
Cotunit	Cotunite	$PbCl_2$
Mandipit	Mendipite	$PbCl_2$, PbO
Penfirdit	Penfickdite	$3PbCl_2$, $Pb (OH)_2$
Maxicôt	Massicot	PBO
Plumbôferit	Plumboferrite	$PbFe_4O_7$
Quensêlit	Quensélite	$Pb_2Mn_2O_5$, H_2O
Xêruxit	Cérusite, Céruse	$PbCO_3$
Hydrôxêruxit	Hydrocérussite	$Pb_2[CO_3]_2[OH]_2$
Phôsgenit	Phosgénite	$Pb_2[CO_3]$ Ci_2
Letgilit	Ledgillite	$Pb_4[CO_3]_2[SO_4][OH]_2$

1	2	3
Anglesit	Anglésite	$PbSO_4$
Kectênit	Kersténite	$PbSeO_4$
Crôcôit	Crocoite-plombrouge	$PbCrO_4$
Vulfênit	Wulfénite	$PbMoO_4$
Silagit	Chillagite	Pb (Mo, W)O_4
Stôndit	Stolzite	Pb WO_4
Pyromorphit	Pyromorphite	$Pb_5[PO_4]_3$ Cl
Mimêtêsit	Mimétèse;	Pb_5 $[AsO_4]_3Cl$
	Mimetesite = mimetene = mimetase (A)	
Vanadinit	Vanadinite	Pb_5 $[VO_4]_3Cl$
Đêcloadit	Descloizite	Pb (Zn,Cu) $[VO_4]$ [OH]
Cockit	Corkite	Pb Fe_3 $[PO_4][SO_4][OH]_6$
Bođantit	Beudantite	Pb Fe_3 $[AsO_4][SO_4][OH]_6$
Lasênit	Larsénite	Pb Zn Si_2O_4
Baryzilit	Barysilite	Pb_3SiO_7
Alamôzit	Alamosite	Pb SiO_3
Kentrôlit	Kentrolite	$Pb_3Mn_4Si_3O_{15}$
Mêlanôtêkit	Mélanotékite	$Pb_3Fe_4Si_3O_{15}$
	CÔBAN (Co)	
Linêit	Linnéite; Linnaeite (A)	Co_3S_4
Sigênit	Siegenite (A)	$(Co, Ni)_3S_4$
Carôlit	Carrolite	Cu, Co_2S_4
Catiêrit	Cattiêrite	CoS_2
Côbanpyrit	Cobaltpyrite	(Fe, Co) S_2
Cobantin	Cobaltine	Co AsS
Glôcôđôt	Glaucodot	(Co,Fe)AsS
Saflôrit	Saf florite	$CoAs_3$
Smaltin	Smaltine	$CoAs_{3-2}$
Stêniêrit		$HCoO_2$
Asbôlan	Asbolane	m(Co, Ni)O.MnO_2.nH_2O
Sphêrôcôbatit	Sphêrocobanltite	$CoCO_3$
Côbansmitsonit	Cobaltsmithsonite	(Zn, Mg, Co)CO_3
Bibêrit	Biebérite	$CoSO_4$. 7H_2O
Êrytrin	Erythrine	$Co_3[AsO_4]$. 8H_2O
Focbêsit	Forbésite	(Ni,Co)$HAsO_4$.4H_2O
	CRÔM (Cr)	
Crômspinel	Chrome spinellides (A)	(Mg, Fe) $(Cr,Al,Fe)_2O_4$
Stichtit	Stichtite	$Mg_6Cr_2[OH]_{16}CO_3$.4H_2O

1	2	3
Crôcôit	Crôcoite	$PbCrO_4$
Phénicôcrôit	Phénicochroyte	$Pb[CrO_4]_2O$
Vôkêlinit	Voquélinite	$Pb_2Cu[CrO_4][PO_4]$
Uvarôvit	Uvarovite = ouvarovite	$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$
Kamérêrit	Kaemmérérite	$(Mg,Fe)_5(Al,Cr)[AlSi_3O_{10}][OH]_6$
Kôtsubéit	Kotschubeite (A)	Clinnôclor chứa Cr
Vonkonskoit	Volchonskoit (A)	$(Cr,Fe,Al)_4[Si_4O_{10}][OH]_6.2H_2O$
ĐẤT HIẾM (XEM YTTRI)		
ĐỒNG (Cu)		
Đồng tự sinh	Cuivre natif, native copper (A)	Cu
Đômêikit	Domeykite	Cu_3As
Cancôzin	Chalcosine	Cu_2S
Cancôpyrit	Chalcopyrite	$CuFeS_2$
Bocnit	Bornite	Cu_5FeS_4
Côvelin	Covelline	CuS
Cubanit	Cubanite	$CuFe_2S_3$
Carôlit	Carrolite	$CuCo_2S_4$
Tennantit	Tennantite	Cu_3AsS_3
Têtraêdrit	Tétraedrite-Tetrahedrite(A)	Cu_3SbS_3
Ênacgit	Énargite	Cu_3AsS_4
Famatinit	Famatinite	Cu_3SbS_4
Sunvanit	Sulvanite	Cu_3VS_4
Cancostibit	Chalcostibite	$CuSbS_2$
Emplectit	Emplectite	$CuBiS_2$
Claprôtrit	Klaorothite	$Cu_6Bi_4S_9$
Vitisénit	Wittichenite (A)	Cu_3BiS
Sêticmanit	Setigmanite	$CuPbAsS_3$
Buôcnônit	Bournonite	$CuPbS_3$
Aikinit	Aikinite; Aikinite (A)	$CuPbBiS_3$
Atacamit	Atacamite	$CuCl_2.3Cu[OH]_2$
Cuprit	Cuprite	Cu_2O
Tênôrit	Ténorite	CuO
Đêlaphôxit	Délafossite	$CuFeO_2$
Malachit	Malachite	$Cu_2[CO_3][OH]_2$
Azurit	Azurite	$Cu_3\ [CO_3][OH]_2$
Rôzasit	Rosasite	$(Cu,Zn)_2[CO_3][OH]_2$
Pisanit	Pisanite	$(Fe, Cu)\ SO_4.7H_2O$
Butit	Butite	$CuSO_4.7H_2O$

1	2	3
Cancantit	Chalcanthite	$CuSO_4.5H_2O$
Đôlêrôphanit	Đolérophanite	$Cu_2[SO_4]O$
Brôsantit	Brochantite	$Cu_2[SO_4]OH]_6$
Langit	Langite	$Cu_4SO_4(OH)_6.H_2O$
Vecnatskit	Vernadskyte	$Cu_4[SO_4]_3[OH]_2.4H_2O$
Xyanôtrichit	Cyanotrichite	$Cu_4Al_2[SO_4]\ [OH]_{12}.2H_2O$
Lingrênit	Lindgrenite (A)	$Cu_3[MoO_4]_2[OH]_2$
Libêtênit	Libéthénite	$Cu_2[PO_4][OH]$
Olivênit	Olivénite	$Cu_2[AsO4][OH]$
Vonboctit	Volborthite	$CuCa[VO_4][OH]$
Cuproođêcloazit	Cuprodescloizite	$[Cu, Zn)\ Pb[O_4][OH]$
Đihydrit	Dihydrite	$Cu_5\ [PO_4]_2\ [OH]$
Êrinit	Érinite	$Cu_5\ [A_sO_4]_2\ [OH]_4$
Turanit	Tuaranite	$Cu_5\ [VO_4]_2\ [OH]_4$
Clinôclazit	Clinoclasite	$Cu_5\ [AsO_4]\ [OH]_3$
Udebêkit	Uzbékite	$Cu_3\ [VO_4]_2.3H_2O$
Biruza		$CuAl_6\ [PO_4]_4[OH]_{28}.5H_2O$
Cancôsiđêrit	Chalcosidérite	$CuFe_6\ [PO_4]_4[OH]_9.4H_2O$
Tagilit	Tagilite	$Cu_2\ [PO_4]\ [OH].H_2O$
Elit	Ehlite (A)	$Cu_5\ [PO_4]_2[OH]_4.H_2O$
Tirôlit	Tirolite	$Cu_9\ Ca_2[AsO_4]_4\ [OH]_{10}.10H_2O$
Calcôphylit	Chalcophyllite	$Cu_5\ [AsO_4][OH]_5\ 9H_2O$
Bandylit	Bandylite	$Cu[BO_2]_2Cl.\ 2H_2O$
Asirit, điôpta	dioptase	$Cu_6\ [Si_6O_{18}].6H_2O$
Cryzôcôn	Chrysocolle; chyrsocolla (A)	$CuSiO_3.nH_2O$
	GECMANI (Ge)	
Gecmanit	Germanite	Cu_3GeS_4
Acgyrôđit	Argyrodite	Ag_8GeS_6
Canfiđit	Canfieldite	$Ag_8(Sn, Ge)S_6$
	KALI (K)	
Sylvin	Syvine	KCl
Cacnalit	Carnallite	$MgCl_2$, KCl, $6H_2O$
Diêm tiêu Kali	Kalisalpeter (A)	KNO_3
Kalixinit	Kalicinite	$KHCO_3$
Taylorit	Taylorite	$(K,NH_4)_2SO_4$
Langbêinit	Langbeinite	$K_2Mg_2[SO_4]_3$
Sơnit hoặc Picrômêrit	Schoenite (A) Picromerite	$K_2Mg\ [SO_4]_2.6H_2O$

1	2	3
Polyhalit	Polyhalite	$K_2Mg\ Ca_2[SO_4]_4.2H_2O$
Kainit	Kainite	$KMg\ [SO_4]\ Cl.3H_2O$
Alunit	Alunite	$KAL_3[SO_4]_2.[OH]_6$
Phèn Kali	Alun Potassique	$KAl[SO_4]_2.12H_2O$
Kalibôrit	Kaliborite	$KMg_2B_{11}O_{10}.7H_2O$
Apôphylit	Apophyllie	$KCa_4[SO_4O_{10}]F.8H_2O$
Felspat Kali	Felspath potassique; Kalifeldspat(Đ)	$KAl[Si_3O_9]Ba[Al_2Si_2O_9]$
Hyalôphan	Hyalophane	
Lơxit	Leucite	$K[AlSi_4O_6]$
Philipsit	Philipsite	$(K_2, Ca)\ [Al_2Si_4O_{12}]_4.5\ H_2O$
Hacmôtôm	Hacmotome	$(K_2, Ba)\ [Al_2Si_5\ O_{14}]_4.5\ H_2O$
KẼM (Zn)		
Sphalerit	Sphalé rite - blende	ZnS
Vuôczit	Wurtzite	ZnS
Zincit	Zincite	ZnO
Ganit	Gahnite	$ZnAl_2O_4$
Franklinit	Franklinite	$(Zn, Mn)\ Fe_2O_4$
Hêtêrôlit	Hétérolite	$ZnMn_2O_4$
Cancôphanit	Chalcophanite	$(Mn, Zn)\ Mn_2O.2H_2O$
Smitsônit	Smithsonite	$ZnCO_3$
Monheimit	Monheimite, Kapnite	$(Zn, Fe)\ CO_3$
Hydrôzinkit	Hydrozincite,Zinconise	$Zn_5[CO_3]\ [OH]_6$
Gôslarit	Goslarite	$ZnSO_4.7H_2O$
Cancantit chứa Zr	Zinc chalcanthite (A)	$(Zn,Cu)\ SO_45H_2O$
Zincaluminit	Zincaluminite	$Zn_3Al_3\ [SO_4]\ [OH]_{13}.H_2O$
Adamin	Adamine	$Zn_2[AsO_4]_2\ [OH]$
Tacbutit	Tarbuttite	$Zn_2[PO]_2\ [OH]$
Đecloasit	Descloizite	$(Zn,Cu)Pb[VO_4]\ [OH]$
Kơtigit	Kottigite	$Zn_3[AsO_4]_2\ .8H_2O$
Lêgrandit	Legrandite (A)	$Zn_3[AsO_4]_2\ .3H_2O$
Hôpêit	Hopéite	$Zn_3[PO_4]_2.4H_2O$
Parahopêit	Parahopéite	$Zn_3[PO_4]_2.4H_2O$
Vilêmit	Wilémite	$Zn\ SiO_4$
Hôtkinsonit	Hodgkinsonite	$Zn_2Mn\ (SiO_4)\ (OH)_2$
Calamin	Calamine	$Zn_4Si_2O_7\ (OH)_2.H_2O$
Clinoêdrit	Clinoédrite; Clinohedrite(A)	$Zn_2Ca_2Si_2O_7\ (OH)_2H_2O$
Hacdystônit	Hardystonite	$Ca_2Zn\ Si_2O_7$
Sôcônit	Sauconite	$Zn_3[Si_4O_{10}]\ [OH]_2.nH_2O$

1	*2*	*3*
NICKEL (Ni)		
Mêlônit	Mélonite	$NiTe_2$
Đinêrit	Dinérite	Ni_3As
Môsêrit	Mauchérite	Ni_3As_2
Hidlêvudit		Ni_3S_2
Penlandit	Pentlandite	$(Fe, Ni)_9S_8$
Milêrit	Millérite	NiS
Pôlydymit	Polydymite	Ni_3S_4
Viôlarit	Violarite	$FeNi_2S_4$
Vaesit	Vaesite	NiS_2
Bravôit	Brauvoite	$(Ni, Fe)S_2$
Nikêlin	Nickéline	$NiAs$
Brâytôptit	Breithauptite	$NiSb$
Clôantit	Chloantite	$NiAs_{3-2}$
Ramensbecgit	Rammelsbergite	$NiAs_2$
Gecdocfit	Gersdorffite	NiA_9S
Unmanit	Ullmannite	$NiSbS$
Bunsênit	Bunsénite	NiO
Trêvôrit	Trévorite	$NiFe_2O_4$
Zaratit	Zaratite = émeraude nickélée	$Ni_3[OH]$
Môrênosit	Morenosite	$NiSO_4.7H_2O$
Rotgecsit	Retgersite (A)	$NiSO_4.6H_20$
Focbêzit	Forbésite	$(Ni,Co)HAsO_4.4H_2O$
Anabecgit	Annabergite	$Ni_3[A_5O_4]_2.\ 8H_2O$
Cabrêrit	Cabrérite	$(Ni,Mg)[A_9O_4]_2.8H_2O$
Susacdit	Schuchardite	$(Ni,Fe,Al)_6\ [(Si,Al]_4O_{10}][OH]_8$
Cônarit	Connarite	$(Ni,Fe)_6[(Si,Fe)_4O_{10}]\ [OH]_9$
Rođinskit	Reudinskite	$(Ni,Ng)_6[SiO_{10}]_2\ [OH]_8$
Gacnierit	Garniérite	$Ni_4[SiO_4O_{10}]\ [OH]_4.4H_2O$
LITI (Li)		
Cryôlitiônit	Cryolithionite	$3NaF.3LiF.2AlF_3$
Triphylit	Triphylite = triphyline	$Li(Fe,Mn)PO_4$
Litiôphilit	Lithiophilite	$Li(Mn,Fe)PO_4$,
Ambligônit	Ambligonite	$(Na,Li)Al\ PO_4F$
Frémôntit	Frémontite	$(Na,Li)\ AlPO_4\ [OH,F]$
Sicklêrit	Sicklérite	$Li_4(Nn,Fe)SO_4$
Spôdumen	Spodumène, Spodumene = Spodumenile (A)	$LiAl\ [SiO_6]$
Lêpidôlit	Lépidolite	$KLi_{1-5}Al_{1-5}[SiO_4O_{10}]\ [F,\ OH]_2$

1	2	3
Zinvandit	Zinvaldite	$KLiFeAl(Si_3AlO_{10})(F,OH)_2$
Cukêit	Cookeit	$LiAl_4[Si_3AlO_{10}][OH]_6$
Pétalit	Pétalite	$(Li,Na)AlSi_4O_{10}$
Ơcryptit	Eucry ptite	$LiAlSiO_4$
MAGNÉ (Mg)		
Cacnalit	Carnallite	$KCl.MgCl_2.6H_2O$
Bisôfit	Bischo-fite	$MgCl_2.6H_2O$
Tachydrit	Tachhydrite	$2MgCl_2.CaCl_2.12H_2O$
Pêricla	Périclase	MgO
Gâykilit	Geikielite	$MgTiO_3$
Nhóm Spinen		$MgAl_2O_4$
Manhêziôferit	Magnésioferrite	$MgFeO_4$
Bruxit	Brucite	$Mg[OH]_2$
Hydrôtanxit	Hydrotalcite	$Mg_6Al_2[OH]_{10}[CO_3].4H_2O$
Magnesit	Magnesite	$MgCO_3$
Đôlômit	Dolomite	$MgCa[CO_3]_2$
Actinit	Artinite	$Mg_2[CO_3][OH]_2.3H_2O$
Hydrômangêsit	Hydrromagnésite	$Mg_5[CO_3]_4[OH]_2.4H_2O$
Épsômit	Epsomite	$MgSO_4.7H_2O$
Hecxahydrit	Hexahydrite	$MgSO_4.6H_2O$
Kisêrit	Kiesérite	$MgSO_4.H_2O$
Vanêrit, Vacnêrit	Vagnérite	Mg_2PO_4F
Bobiêrit	Bobiérrite (A)	$Mg_3[PO_4]_2.8H_2O$
Hocnezit	Hornesite Hornesit (Đ)	$Mg_3[AsO_4].8H_2O$
Asarit	Ascharite	$MgHBO_3$
Bôraxit	Boracite	$5MgO.MgCl_2.7BO_3$
Fluobôrit	Fluoborite	$Mg_3[BO_3][F,OH]_3$
Lutvigit	Ludwigite	$(Mg,Fe)_2Fe[BO_3]O_2$
Pinôit	Pinnoite	$Mg[BO_2]_2.3H_2O$
Sulfôborit	Sulfoborite, sulphoborite (A)	$4MgHBO_3.2MgSO_4.7H_2O$
Focstêrit	Forstérite	Mg_2SiO_4
Ôlivin	Olivine	$(Mg,Fe)_2SiO_4$
Nocbecgit	Norbergite	$Mg_7[SiO_4][OH,F]_2$
Kônđrôdit	Chondrodite	$Mg_5[SiO_4]_2[OH,F]_2$
Humit	Humite	$Mg_7[SiO_4]_3[OH,F]_2$
Clinnôhumit	Clinohumite	$Mg_9[SiO_4][OH,F]_2$
Pyrôp	Pyrope	$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$
Enstatit	Enstatite	$MgSiO_3$

1	2	3
Antôphylit	Anthophytlite	$(Mg,Fe)_7$ $[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Kupfêrit	Kupffférite	$Mg_7[Si_4O_{11}][OH]_2$
Cumintônit	Cummingtonite	$(Mg,Fe)_7[Si_4O_{11}][OH]_2$
Trêmôlit	Trémolite	$Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}][OH]_2$
Actinôlit	Actinolite	$Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Talc	Talc (P, A)	$Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$
Phlôgôpit	Phlogopite	$KMg_3[Al\ Si_3O_{10}][F,OH]_2$
Biôtit	Biotite	$K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}]$ $[F,OH]_8$
Penin	Pennine	$(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}]$ $[OH]_8$
Clinôclo	Clinochlore	$(Mg,Fe)_{4,75}$ $Al_{1,25}$ $[Al_{1,25}Si_{2,75}O_{10}][OH]_8$
Vecmiculit	Vermiculite	$(Mg,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}]$ $[OH]_2$ $.4H_2O$
Secpentin	Serpentine	Mg_6 (Si_4O_{10}) $(OH)_8$
Xêrôlit	Cérolite; Cerolit = Kerolite (A): Keolith (Đ)	$Mg_4[Si_4O_{10}][OH]_4.4H_2O$
Sapônit	Saponite	$Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2.4nH_2O$
	MANGAN (Mn)	
Alabanđin	Alabandine	MnS
Hôêrit	Hauérite	MnS_2
Manganôsit	Manganosite	MnO
Hôsmanit	Hausmanite	Mn_3O_4
Giacôpsit	Jacobsite	$MnFe_2O_4$
Braonit	Braunite	Mn_2O_3
Bixbyit	Bixbyite	$(Mn,\ Fe)_2O_3$
Pyroluzit	Pyrolusite	MnO_2
Pyrôcrôit	Pyrochroite	$Mn[OH]_2$
Manganit	Manganite	$Mn^{2+}Mn^{4+}O_2[OH]_2$
Vecnađit	Vernadite	$MnO_2.nH_2O$
Psilômêlan	Psilomélane	$mMnO.MnO_2.nH_2O$
Rômanesit	Romancshite	$Ba\ Mn\ Mn_8O_{16}[OH]_4$
Ranséit		$m(Mn,Ca)O.MnO_2.nH_2O$
Cryptômêlan	Cryptomélanne	$K_2O.MnO.15MnO_2.nH_2O$
Côrônađit	Coronadite	$PbMnMn_6O_{14}$
Hôlanđit	Hollandite	$BaMnMn_6O_{14}$
Cretnêrit	Crednérite	$CuMn_2O_4$
Rôđôcrôsit	Rhodochrosite	$MnCO_3$
Manganôcanxit	Manganocalcite	$(Mn,\ Ca)CO_3$
Malacđit	Mallardite	$MnSO_4.H_2O$
Smikit	Szimikite	$MnSO_4.H_2O$
Hupnêrit	Hubnérite	$MnWO_4$

1	2	3
Puôcpurit	Purpurite	$(Mn, Fe)PO_4$
Natrophylit	Natrophyllite, Natro-philite (A)	$NaMnPO_4$
Litiôphilit	Lithiophilite	$Li(Mn, Fe)PO_4$
Manganapatit	Manganapatite	$(Ca, Mn)_5[PO_4]_3(F,OH)$
Acsennoclasit	Arsénoclasite	$Mn_5[AsO_4]_2[HO]_4$
Alactit	Allactite	$Mn_7 [(AsO_4]_2[OH]_6$
Stivactit	Stewartite (A)	$Mn_3 [(PO_4]_2.4H_2O$
Ređingit	Reddingite	$(Mn,Fe)_3[PO_4]_2.3H_2O$
Suxêxit	Susséxite	$MnHBO_3$
Têphrôit	Téphroite	Mn_2SiO_4
Spexactin	Spessartine = Spessartite	$Mn_3Al_2 [SiO_4]_3$
Rôđônit	Rhodonite	$MnSiO_3$
Bustamit	Bustamite	$(Mn, Ca) SiO_3$
Pyroxmangit	Pyroxmangite	$(Mn,Fe) SiO_3$
Piemontit	Piemontite	$Ca_2(Al, Mn, Fe)_3 Si_3O_{12}[OH]$
	MÔLYBĐEN (Mo)	
Môlybdenit	Molybdénite	MoS_2
Isêmannit	Ilsémannite	$Mo_3O_8.nH_4O$
Pôvelit	Powllite	$CaMoO_4$
Silagit	Chillagitte	$Pb(MoW)O_4$
Vunphenit	Wul fénite	$Pb (MoW) O_4$
Ferimôlybđit	Ferrimolybdite	$Fe_2[(MoO_4]_3.7H_2O$
	NATRI (Na)	
Halit	Halite	$NaCl$
Villiômit	Villiaumite	NaF
Cryôlit	Cryolite, Cryolitheo (A)	Na_3AlF_6
Lôparit	Loparite	$(Na, Ce, Ca) (Nb;Ti)O_3$
Diêm tiêu Natri	Soda sallpeter	$NaNO_3$
Sút	Soude; soda	$Na_2CO_3.10H_2O$
Trôna	Trôna	$Na_3H [CO_3]_4.2H_2O$
Mirabitlit	Mirabilite	$Na_2SO_4.10H_2O$
Glôbêrit	Glaubêrite	$Na_2Ca [SO_4]_2$
Natrôphylit	Natrophyllite; natro + philite (A)	$NaMnPO_4$
Bêrylônit	Bêryllonite	$NaBePO_4$
Borăc	Borax	$Na_2B_4O_7.10H_2O$
Bôrônatrôncanxit	Boronatrocalcite	$NaCaB_5O_9.8H_2O$
Enpiđit	Elpidite	$NaZrSi_6O_{12}[OH]_6$
Ơđialit	Eudialite	$(Na,Ca)_6ZrSi_6O_{17} [O,OH]$

1	2	3
Catapléit	Catapléite	$Na_2ZrSi_3O_9.2H_2O$
Giađêit	Jadéite	$NaAlSi_2O_6$
Êgirin	Érigine	$NaFeSi_2O_6$
Acvetsônit	Arfvedsonite	$Na_3(Fe, Mg)_4(Fe, Al) [Si_4O_{11}]_2$
Glôcôphan	Glaucophane	$Na_2(Mg, Fe)_3 Al_3[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Ribeckit	Riebeckite	$Na_2Fe_3Fe_2[Si_4O_{11}]_2 [OH]_2$
Ananxim	Analcime	$Na[AlSi_2O_6] .H_2O$
Nêphêlin	Néplhéline	$NaAlSiO_4$
Sôđalit	Sodalite	$Na_8[AlSiO_4]_6Cl_2$
Nôzêan	Noséane	$Na_8[AlSiO_4]_6[SO_4]$
Hauyn	Hauyne	$Na_6Ca [AlSiO_4]_6[SO_4]_4$
Lazurit	Lazurite	$Na_8 [AlSiO_4]_3[SO_4]$
Cancrinit	Cancrinite	$Na_6Ca [AlSiO_4]_6[Co_3SO_4]$
Natrôlit	Natrolite	$Na_2 [Al_2Si_3O_{10}]_2.2H_2O$
Đesmin	Desmine	$(Na_2Ca)[Al_2Si_6O_{16}] .6H_2O$
NHÔM (Al)		
Cryôlit	Cryolite; Cryolithe (A)	Na_3AlFe
Côrinđôn	Corindon	Al_2O_3
Spinen	Spinelit	$MgAl_2O_4$
Hydracgilit	Hydrargilite	$Al[OH]_3$
Bơmit	Boehmite	$AlOOH$
Điaspo	Diaspore	$HAlO_2$
Phèn nhôm	Alun; Alum	$KAl [SO_4]_2.12H_2O$
Halôtrikit	Halotrichite	$FeAl_2 [SiO_4]_4.22H_2O$
Alunit	Alunite	$KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$
Tôpa	Topaze	$Al_2[SO_4][F, OH]_2$
Đisten	Disthéne	Al_2SiO_5
Anđalusit	Andalousite; Andalusite (A)	Al_2SiO_5
Silimanit	Silimanite	Al_2SiO_5
Đumoctiêrit	Dumortiérite	$Al_8BSi_3O_{19}[OH]$
Granat	Grenat	$R_3Al_2 [SO_4]_3$
Cocđiêrit	Cordiérite	$Al_3(Mg,Fe)_2[AlSi_5O_{18}]$
Pyrophylit	Pyrophyllite	$Al_2 [Si_4O_{10}][OH]_2$
Muscôvit	muscovite	$KAl_2[AlSi_3O_{10}]_6[OH]_2$
Cloritôit	Chloritoide	$Fe_2Al_2 [Al\ _2Si_2O_{10}][OH]_2$
Macgarit	Margarite	$CaAl_2 [Al\ _2Si_3O10][OH]_2$
Amêzit	Amésite	$(Mg, Fe)_4Al_2 [Al\ _2Si_2O_{10}][OH]_8$
Kaolinit	Kaolinite	$Al_4 [Si_4O_{10}] [OH]_6$
Halôysit	Halloysite	$Al_4 [Si_4O_{10}] [OH]_9.4H_2O$

1	2	3
Bâydelit	Beidellite (A)	$Al_2[Si_4O_{10}][OH]_2.nH_2O$
Albit-Anoctit	Albite -Anor	$Na[AlSi_3O_6]$ - $Ca[Al_2Si_2O_8]$
Octocla,micrôlin	Orthoclase, miccrocline	$K[AlSi_3O_6]$
Scapôlit	Scapolite	$(Na, Ca)_4[(SiAl)_4O_8]_8[Cl, SO_4, Cl_3]$
Lơxit	Leucite	$Na[AlSi_2O_6]$
Nephêlin	Néphéline	$Na[AlSi_2O_4]$
NIÔBI (Nb) VÀ TANTAN (Ta)		
Inmênôrutin	Ilménorutinle	$(Ti, Nb, Fe)O_2$
Môxit	Mossite	$Fe(Nb, Ta)_2O_6$
Tapiôlit	Tapiolite	$Fe(Ta, Nb)_2O_6$
Côlumbit	Columbite	$(Fe, Mn)Nb_2O_6$
Tantalit	Tantalite	$(Fe, Mn)Nb_2O_6$
Lôparit	Loparite	$(Na, Ce, Ca)(Nb, Ti)O_3$
Pyroclo	Pyroschlore	$(Na, Ca...)_2(Nb, Ti...)_2O_6$
Micrôlit	Microlite	$(Na,Ca...,)_2(Nb,Ti...)_2O_6[F,OH]$
Stibiôcôlumbit	Stibiocolumbite	$SbNbO_4$
Stibiôtantalit	Stibiotantalite	$SbTaO_4$
Tôrôlit	Thoreaulite	$SnTa_2O_7$
SẮT (Fe)		
Pyrotin	Pyrrhotine	$Fe_{1-x}S$
Pyrit	Pyrite	FeS_2
Macasit	Marcassite=marcasite	FeS_2
Lơlingit	Lôllingite	$FeAs_2$
Arsenpyrit	Arsénopyrite	$FeAsS$
Hêmatit	Hématite	Fe_2O_3
Magnêmit	Maghemite (A)	Fe_2O_3
Inmênit	Ilménite	$FetiO_3$
Magnêtit	Magnétite	$FeFe_2O_4$
Magnômagnêtit	Magnomagnétité	$(Fe, Mg)Fe_2O_4$
Gơtit	Goethite; Gôthit (Đ)	$HFeO_2$
Limônit	Limonite	$HFeO_2$
Lêpidôcrôkit	Lépidocrocite, Lepidokrokit (Đ)	$FeOOH$
Siđêrit	Sidérite	$FeCO_3$
Mêlantêrit	Mélantérite	$FeSO_4.7H_2O$
Fibrôfenrit	Fibroferrite	$FeSO_4[OH].4,5H_2O$
Côkimbit	Coquimbite	$Fe_2[SO_4]_3.9H_2O$
Rômêrit	Roémérite; Roemerite(A) Rômerit (Đ)	$FeFe_2[SO_4]_4.14H_2O$

1	2	3
Graptônit	Graftonite	$(Fe, Mn)_3[PO_4]_2$
Vivianit	Vivianite	$Fe_3[PO_4]_2 . 8H_2O$
Scôrôdit	Scorodidte	$FeAsO_4 .2H_2O$
Strengit	Strengite	$FePO_4. 2H_2O$
Phôsphosiđêrit	Phosphosidesrite	$FePO_4. 2H_2O$
Fayalit	Fayalite	Fe_2SiO_4
Anmandin	Almadine	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
Andradit	Andradite	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$
Hypecten	Hypersthéne	$(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$
Hêdenbecgit	Hédenbergite	$CaFe [Si_2O_6]$
Êgirin	Égirine	$NaFe [Si_2O_6]$
Grinêrit	Grinérite	$Fe_7[Si_2O_{11}]_2 [OH]_2$
Lépiđômêlan	Lépidomélane	$KFe_3[Si_3(Al,Fe)O_{10}][OH]_2$
Glôcônit	Glanconite	$K[Fe^{+3},Fe^{+2},Al,Mg]_{2-3}$ $[Si_3(Si,Al)O_{10}][OH]_2.nH_2O$
Sammôzit	Chamosite = Chamoisite	$Fe_2Al [AlSi_3O_{10}][OH]_6. nH_2O$
Turingit	Thurinile	$Fe_{3-5}[Al,Fe]_{1-5}[Si_{2-5} Al_{-5}O_{10}][OH]_6$ nH_2O
Ferihalôyzit	Ferrihalloysite	$(Fe,Al)_4[Si_4O_{10}] [OH]_6.4H_2O$
Nôntrônit	Nontronite	$(Fe, Al)_2 [Si_4 O_{10}] [OH]_6.4H_2O$
	SÊLEN (Se)	
Hôsmanit	Hausmannite	Ag_2Se
Aguilarit	Aguilarile	$Ag_2 (Se, S)$
Beczêlianit	Berzélianite = berzéline = cuivresélénié	Cu_2Se
Ơcairit	Eucairite	$Cu_2Se. Ag Se$
Galênit có Se		$Pb (S, Se)$
Clôstalit	Clausthalit	$PbSe$
Timanit	Tiemannite	$HgSe$
Klôcmanit	Klockmannite	$CuSe$
Kecsténit	Kersténite	$PbSeO_4$
Chancômênit	Chalcomenite	$Cu [SeO_3] . 2H_2O$
	STIBI (Sb)	
Stibi tự nhiên	Antimoine nalis	Sb
Alémôntit	Allémontite	A_9Sb
Antimônit, Stibinit	Antimonite = Stibinile = Stibine	Sb_2S_3
Unmanit	Ulmanite	$NiSbS$
Gutmunđit	Gudmundile	$FeSbS$
Tétraédrit	Tétraédrite; Tetrahedric (A)	Cu_3SbS_3
Famatinit	Famatinite	Cu_3SbS_4

1	*2*	*3*
Bulanzerit	Boulangérite	$Pb_5Sb_4R_{11}$
Kecmézit	Kermésite	Sb_2S_2O
Valentinit	Valentinite	Sb_2O_3
xecvantit	Cervantite; antimonyocher	Sb_2O_4
Stibicônit	Sibiconite	$Sb_2O_6[OH]_6$
Snêbecgit	Schneebergite	$(Ca,Na,Fe)_2Sb_2O_6[F,OH,O]$
Stibiôcôlumbit	Stibiocolumbite	SnNbO
Stibiôtantalit	Stibiotantalite	$SbTaO_4$
STRÔNTI (Sr)		
Strôntianit	Strontianite	$SrCO_3$
Ambatôarinit	Ambatoarinite	$Sr(Ce,La...)_2\ [CO_3]O$
Anxylit	Ancylite	$Sr_3(Ce,la...)_4[CO_3]_7[OH]_4.3H_2O$
Xêlestin	Célestine	$SrSO_4$
Strôntianapatit	Strontianapatite	$(Ca,Sr)_5[PO_4]_3[F,OH]_6$
Lamprôphylit	Lamprophyllite	$Na_2SrFeTi_2\ [SiO_4]_3O$?
Briustêrit	Brewsterite	$(Sr,Ba,Ca)[AlSi_3O_8]_2.5H_2O$
TALI (TL)		
Vrơbait	Vrbait	$Tl(As, Sb)_3S_5$
Lôrandit	Lorandite	$Tl\ AsS_2$
Hutsinsônit	Hutchinsonite	$(Cu, Ag,Tl)_2S.PbS.\ 2As_2S_3$
Mackazit chứa Tl	Marcassite = Marcasite	FeS_2
TANTAN (xem Niôbi)		
TELUR (Te)		
Telu tự nhiên	Tellure natif	Te
Telu có sêlen	Selentellurium (A)	(Te, Se)
Telurôbismutit	Tellurobismuthite	Bi_2Te_3
Têtradymit	Tétradymite	$BiTe_2S$
Hexit	Hessite	Ag_2Te
Petzit	Petzite	$(Au, Au)_2Te$
Antait	Altaite	PbTe
Côlôradôit	Coloradoite	HgTe
Krenêrit	Krennérite	$Au\ Te_2$
Calavêrit	Calavérite	$Au\ Te_2$
Sylvanit, Synvanit	Sylvanite	$(Ag, Au)Te_2$
Mêlonit	Mélonite	$NiTe_2$
Niglit	Nigglite (A)	$PtTe_3$

1	2	3
Môntanit	Montanite	$Bi_2Te_4[OH]_4$
Tâynêit	Teineite (A)	$Cu[(Te,S)O_4].2H_2O$
Đurdénit, emônsit	Durdénite, emmonsite	$Fe_2[TeO_3]_3 . 4H_2O$
THIẾC (Sn)		
Stanôpalađinit	Stannopalladinite	Pd_3Sn_2
Hecxysenbecgit	Hercyenbergyte	SnS
Tilit	Tilite	SnS, PbS
Stanin	Stannine	Cu_2FeSnS_4
Côluzit	Clusite	$Cu_3(A,Sn,V)S_4$
Canfinđit	Calfieldite	Ag_8SnS_6
Frankéit	Franckéite	$Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$
Xylinđrit	Cylindrite	$Pb_5Sn_4Sb_2S_{14}$
Casitérit	Cassitérite	SnO_2
Tôrôlit	Thoreaulite	$SnTa_2O_7$
Aranđizit	Arandisite	$Sn_5[SiO_4]_3[OH]_6$
Stlôkêzit	Stokésite	$CaSn[Si_3O_9].2H_2O$
Nocdensenđit	Nordens-kiôldite (A)	$CaSn[BO_9]_2$
Hunsit	Hulsite	$12(Mg,Fe)O.2Fe_2O_3.SnO_2.3B_2O_3.2H_2O$
TORI (Th)		
Tôrianit	Thorianite	ThO_2
Mônazit chứa Th	Monnazite	(Ce, La, Th) $[PO_9, SiO_4]$
Tôrit	Thorite	$ThSiO_4$
Feritôrit	Ferrithorite	(Th, Fe) SiO_4
Ytrialit	Yttrialite	$(Y, Th)_2Si_2O_7$
THUỶ NGÂN (Hg)		
Thuỷ ngân tự nhiên		Hg
Xinaba	Cinabre; Cinnabar (A); Zinnober (Đ)	HgS
Mêtaxinabarit	Mélacinanabarite	HgS
Timanit	Tiemannite	HgSe
Colôrađôit	Cloradoite	HgTe
Livingtônit	Livingstonite	$HgSb_4S_7$
Montrôiđit	Montroydite	HgO
Calomen	Calometn = mercurechloruré	HgCl
Elestônit	Eglestonite	3HgCl.HgO
Teclingoait	Teclingitte	HgCl.HgO

1	*2*	*3*
TITAN (Ti)		
Inmênit	Ilménite	$FeTiO_3$
Gêikielit	Geikielite, Geikielithe	$MgTiO_3$
Pyrôphanit	Pyrophanite	$MnTiO_3$
Rutin	Rutile	TiO_2
Brukit	Brookite	TiO_2
Anata	Anatase	TiO_2
Pêrôpskit	Perofskite =Pérowskite	$CaTiO_3$
Skhlolimit	Schorlimite	$Ca_3(Al,Fe,Ti)_2[(Si,Ti)O_4]_3$
Sphen	Sphène	$CaTiSiO_5$
Marmanit	Marmanite	$NaTi_2[SiO_4]_2[OH]\ H_2O$
Fecmanit	Fermanite	$(Ca,Na)_2(Ti,Nb)[SiO_4]$ $[OH, F]_3$
Bênitôit	Bénitoite	$BaTiSi_3O_9$
Ramsayit	Ramsayite	$Na_2Ti_2Si_2O_9$
URAN (U)		
Uraninit	Uraninite	UO_2
Brôgênrit	Brôggenrite	$(U, Th)O_2$
Giantinit	Janthinite	$2UO_2\ .7H_2O$
Clackeit	Clarkéite	$UO_3\ .nH_2O$
Beckêrelit	Becquerelite	$2UO_3\ .\ 3H_2O$
Sơpit	Schoepite	$4UO_3\ .\ 9H_2O$
Fuôcmariêrit	Fourmariérite	$PbO\ .4UO_3.5H_2O$
Curit	Curite	$2PbO.5UO_3.4H_2O$
Uranôsphêrit	Uranosphérite	$Bi_2O_3.2UO_3.3H_2O$
Vandenbrandêit		$CuO.UO_3.2H_2O$
Rutêphođit	Rutherfodine; Ruther focdite	$[UO_2]\ CO_3$
Sacpyt	Charpyste	$UO_{2\ 3}\ [CO_3]_5[OH]_2.7H_2O$
Uranôtalit	Uranothallite	$Ca_2[UO_2]\ [CO_3]_3\ .\ 10H_2O$
Vôglit	Voglite	$Ca_2Cu[UO_2,\ CO_3]_4.6H_2O$
Srôkingêrit	Schrôckingérite	$[SO_4]\ [OH].9H_2O$
Zipêit	Zippéite	$[UO_2]\ [SO_4]\ [OH]_2\ .3\text{-}5H_2O$
Uranôpilit	Uranopilite	$[UO_2]_2[SO_4]\ [OH]_{10}\ .12H_2O$
Giôhanit	Johannite	$Cu\ [UO_2]_2\ [SO_4]_2[OH]_{10}.12H_2O$
Trơgênit	Trôgerite	$[UO_2]_3\ [A_5O_4]_2.12H_2O$
Tocbecnit	Torbernite	$Cu\ [UO_2]_2\ [PO_4]_2.12H_2O$
Zơnêrit	Zeunerite	$Cu[UO_2]\ [A_5O_4]_2.12H_2O$
Uranôspatit	Uranospathite	$Ca[UO_2]_2[PO_4]_2\ .12H_2O$
Mêtatocbecnit	Mélatorberite	$Cu[UO_2]_2[PO_4]_2\ .8H_2O$
Mêtazơnêrit	Mêtazeunénite	$Cu[UO_2]_2[A_5O_4]_2\ .12H_2O$

1	2	3
α−Uranôspinit	α-Uranospinit	$Ca[UO_2]_2[A_5O_4]_2.8H_2O$
β−Uranôspinit	β−Uranospinnit	$Cn[UO_2]_2[A_3O_4]_2.8H_2O$
Frilséit		$Mn[UO_2]_2[PO_4, VO_4]_2.8H_2O$
Bassêlit	Bassélite	$Fe [UO_2]_2[PO_4]_2.8H_2O$
Ôtunit	Autunite	$Ca[UO_2]_2[PO_4]_2.8H_2O$
Saleit	Saleite (A)	$Mg[UO_2]_2[PO_4]_2$
Uranôzitxit	Uranozicit	$Ba [UO_2]_2[PO_4]_2.8H_2O$
Tinyamunit	Tynyamunite	$Ca[UO_2]_2[VO_4]_2.8H_2O$
Phosphuranylit	Phosphuranylite	$[UO_2]_3[PO_4]_2.6H_2O$
Fecganit	Ferghanite	$[UO_2]_3[PO_4]_2.6H_2O$
Cacnôtit	Carnotite	$K_2[UO_2]_2[VO_4]_2.3H_2O$
Sengiêrit	Sengierite	$Cu_2[UO_2]_2[VO_4]_2.9H_2O$
Rénacđit	Renardite	$Pb[UO_2]_2[PO_4]_2O_2.9H_2O$
Đêvintit	Dewindtite	$Pb_3[UO_2]_2[PO_4]_2.12H_2O$
Đumôntit	Dumontite	$Pb_2[UO_2]_2[PO_4]_2O_2.9H_2O$
Pacsônsit	Parsonsite	$Pb_2[UO_2]_2[PO_4]_2O_2.H_2O$
Rôvit	Rauvite	$CaO.2UO_3.6V_2O_5.20H_2O$
Uvanit	Uvanite	$2UO_3.3V_2O_5.15H_2O$
Vanpuôcgin	Walpurgine	$Bi_{10}[UO_2]_2[A_5O_4]_1O_{16}.10H_2O$
Uranôtôrit	Uranothorite	$(Th,U)SiO_4$
Sklôđôpskit	Sklodowskit (A)	$MgU_2[SiO_4]_3[OH]_3.4H_2O$
Uranôtin	Uranolile	$CaU_2[SiO_4]_2[OH]_3.3H_2O$
Cuprôsklôđôpskit	Cuprosklodowskit (A)	$CuU_2[SiO_4]_3[OH]_3.3H_2O$
Kazôlit	Kasolite	$CuU_2[SiO_4]_3[OH]_3 3H_2O$
Sôtdyit	Soddyite	$Pb[UO_2][SiO_4].H_2O$
	VANAĐI (V)	
Patrônit	Patronite	VS_2 ?
Sunvanit	Sulvanite	$Cu_2 VS_4$
Côluzit	Colusite	$Cu_3 (As, Sn, V)S_4$
Vansônit		$(Fe, V)_2O_4$
Titanmagnêtit chứa V		$(Fe, Ti)_3O_4$
Minaragrit	Minasragrite	$V_2O_4SO_4.16H_2O$
Pusêrit	Puchérite	$BiVO_4$
Vanadinit	Vanadinite	$Pb_5 [VO_4]_3 Cl$
Đecloazit	Descloizite	$(Zn,Cu)Pb[VO_4]_3[OH]$
Cuprođêcloazit	Cuprodescloizite	$(Cu, Zn)Pb[VO_4][OH]$
Vonboctit	Volborthite	$Cu,Ca [VO_4] [OH]$
Brackêbusit	Brackebuschite	$Pb_2(Mn, Fe) [VO]_2.2H_2O$
Pyrôbêlônit	Pyrobélonite	$MnPb[VO_4] [OH]$

1	2	3
Turanit	Turanite	$Cu_5 [VO_4]_2 [OH]_4$
Uzơbêkit	Uzbékite	$Cu_3[VO_4]_2 . 3H_2O$
Cacnôtit	Carnolite	$K_2[UO_4][VO_4]_2.3H_2O$
Fecvanit	Fervanite	$Fe [VO_4] . 2H_2O$
Rôxit, Mêtarôxit	Rossite	$CaV_2O_6 . 2H_2O$
Rôscôêlit	Rôscoetite	$KV_2 [AlSi_3O_{10}] [OH]_2$
VÀNG (Au)		
Vàng tự sinh	Ornatif; Nativegold (A)	Au
Êlectrum	Électrum	Au, Ag
Petzit	Petzite	$(Ag, Au)_2Te$
Clavêrit	Calavérite	$AuTe_2$
Krenêrit	Krennerite	$AuTe_2$
Synvanit	Synvanite	$AuAgTe_4$
Nagyagit	Nagyagite	$Pb_5Au (Te, Sb)_4S_{5-8}$?
WOLFRAM (W)		
Tungstênit	Tungsténite	WS_2
Tungstit	Tungstite	H_2WO_4
Hupnêrit	Hubnérite	H_2WO_4
Wonframit	Wolframite	$(Mn,Fe) WO_4$
Fecbêrit	Ferbérite	$FeWO_4$
Sheelit	Scheelite	$CaWO_4$
Stônzit	Stolzite	$PbWO_4$
Raspit	Raspite	$PbWO_4$
Chilagit	Chillagite	$Pb (Mo,W)O_4$
Feritungstit	Ferritúngtite	$Fe_2[WO_4] [OH]_4 . 4H_2O$
(NHÓM XÊRIT) YTRI (Y) VÀ ĐẤT HIẾM (TR)		
Fluxêrit	Fluocérite	$(La, Ce...)F_3$
Ytrôxêrit	Yttrocérite	$(Ca, Y, Ce)F_{2-3}$
Ytrôfluorit	Yttrofluorite	$(Ca, Y)F_{2-3}$
Ytrôcanxit	Yttrocalcite	$(Ca, Y)F_{2-3}$
Knôpit	Knaupite	$(Ca,Ce) (Ti, Fe)O_2$
Đyzanalit	Dysanalyte; Dysanalite(A)	$(Ca,Se,Na)(Ti,Fe,Nb)O_3$
Lôparit	Loparite	$(Na,Ce,Ca...)(Nb,Ti)O_3$
Pyrôclo	Pyrochlore	$(Na,Ca,Ce...)_2Nb_2O_6F$
Fegusônit	Fergusonite	$(Y,Er,Ce...) (Nb,Ta,Ti)O_4$
Focmanit	Fomanite	$(Y,Er,Ca...) (Ta,Nb)O_4$
Fecsmit	Fersmite	$(Ca,Ce) (Nb,Ti,Fe,Al)_2 (O,OH,F)_6$

1	*2*	*3*
Oxênit	Euxênite	$(Y,Ce,Ca\ldots)\ (Nb,Ta,Ti)_2O_6$
Pôlycra	Polycrase-polycrasite	$(Y,Ce,Ca\ldots)\ (Ti,Nb,Ta)_2O_6$
Esynit	Eschynite	$(Ce,Ca,Th)(Ti,Nb)_2O_6$
Clôpinit	Chlopinite	$(Y,Er,Ca,Th)\ (Ti,Nb)_2O_6$
Samacskit	Samarskite	$(Y,E\ r\ldots)_4(Nb,\ Ta)_6O_{21}$
Ytrôtantalit	Yttrotantalite	$Fe,y,u\ldots)_4(Ta,Nb)_6O_{21}$?
Basnaêzit	Bastnasite (A)	$(Ce,\ La\ldots)\ [CO_3]F$
Synchyzit	Synchysite	$Ca(Ce,\ La\ldots)\ [CO_3]_2F$
Parizit	Parisite	$Ca(Ce,\ La\ldots)_2\ [CO_3]_1F$
Cordylit	Cordylite	$Ba(Ce,\ La\ldots)\ [CO_3]_2F$
Ambatoarinit	Ambatoarinite	$Sr(Ce,\ La\ldots)\ [CO_3]_3O$
Lantanit	Lanthanite	$(La,\ Pr,\ Ce\ldots)\ [CO_3]_3F.8H_2O$
Tengêrit	Tengerite (A)	$Y_3Ca\ [CO_3]_1\ [OH]_3\ .3H_2O$
Mônazit	Monazite	$(Ce,\ La)\ PO_4$
Xênôtim	Xénotime	YBO_4
Abukumalit	Abumalite	$(Y,Ca,Th)_{10}\ [PO_4,\ SiO_4,\ AlO_4]_6[F,\ O]$
Britôiit	Britholite	$(Ce,Ca,Na)_5\ [SiO_4\,PO_4\ ]_3\ [F,\ OH]$
Florenxit	Florencite	$CeAl_3\ [PO_4]_2\ [OH]_6$
Susit	Churchite	$(Ce,Ca)\ PO_4.2H_2O$?
Vênsenkit	Weinschenkite	$(Y,Fr)\ PO_4\ .\ 2H_2O$
Ytrôtitanit	Y ttrotitanite	$(Ca,Y,Ce)\ Ti\ [SiO_4]\ O$
Tocnơbômit	Tôrnebohmite (A)	$(Ce,\ La\ldots)_3\ [SiO_4]_2OH]$
Lexingit	Lessingite	$Ca(Ce,\ Y,La)_4[SiO_4]_3[OH,\ F]_4$
Rinkôlit	Rinkolite	$(Ca,Na,Ce)_7Ti\ [SiO_4]_1\ \ [F,\ OH]_2$?
Talénit	Thalénite	$Y_2Si_2O_7$
Tocvêitit	Thortveitite=thortiveitine	$(Sc,\ Y)_2Si_2O_7$
Ytrialit	Ythrialite	$(Y,\ Th)_2Si_2)_7$
Xêrit	Cérite = Cérérite	$(Ce,\ Y,\ Pr\ldots)_2\ Si_2O_7.H_2O$
Rôlandit	Rowlandite	$(Y,Ce,La)_4\ Fe\ [Si_2O_7]\ \ F_2$
Xênôzit	Cénosite	$Ca_2(Ce,Y)_2SiO_{12}\ [CO]_3\ H_2O$
Octit	Orthite	$(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3\,Si_3O_{12}[O,OH]$
Nagatelit	Nagatélite	$(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3\,(Si,P)_3\ Or_2[O,OH]$
Octit chứa Mg	Orthite magnésifère; magnesium (A)	$(Ca,Ce)_2Mg_2Al\ Si_3O_{10}$ $[O,\ F,\ OH]_3$
ZIRCONI (Zr)		
Batđêlêit	Baddeleyite	ZrO_2
Zircon	Zircon	$ZrSiO_4$
Zirkelit	Zirkélite	$(Ca,Fe,Th)_2(Ti,Zr)_2O_5$
Guarinit	Guarinite	$Ca_2NaZr\ [SiO_4]\ _2F$
Ơdialit	Eudialite	$Na_4Ca_2Zr\ Si_6O_{17}\ (O.OH,Cl)$?
Enpiđit	Elpidite	$Na_2Zr\ Si_6O_{12}[OH]_6$
Catapleit	Catapléite	$Na_2Zr\ [Si_3O_9]\ .2H_2O$

PHỤ LỤC 2

Bảng 1.3. Xác định khoáng vật quặng theo các tính chất chủ yếu

TT	Khoáng vật	Tinh hệ	Quang tính	Độ phản quang (+)	Màu sắc	Phản chiếu trong	Độ cứng
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
1	Alabadin	L.phương	Đ. hướng	< ga.	Xám sáng	Xanh	3,5 - 4
2	Anabergit	Đơn xiên	Dị hướng	< spha.	Xám tối	Xanh	2 - 2,5
3	Anglezit	Trực thoi	- nt -	- nt -	Xám	Xám	2,5 - 3
4	Antait	L. phương	Đ. hướng.	> ga.	Trắng xanh		3
5	Antimonit	Trực thoi	Dị hướng	= ga.	Xám		2 - 2,5
6	Arsenopyrit	Đơn xiên	- nt. -	> ga.	Vàng hồng		5,5 - 6
7	Argentit	Trực thoi	- nt -	< ga.	Trắng hồng		2 - 2,5
8	Auripimen	Đơn xiên	- nt -	< ga.	Xanh sáng,	Vàng	1,5 - 2
9	Azurit	Đơn xiên	- nt -	< ga.	Xanh sáng	Xanh	3,5 - 4
10	Bismutin	Trực thoi	Dị hướng	> ga.	Trắng kem		2
11	Bismut (Bi)	6 phương	- nt -	> ga.	Hồng		2 - 2,5
12	Bornit	L. phương	Đ. hướng	< ga.	Hồng	Hồng	5 - 3
13	Braonit	6 phương	Dị hướng	< ga.	Xám	Nâu	6 - 6,5
14	Bulangierit	Xiên đơn	- nt. -	= ga.	Xám trắng		2,5 - 3
15	Burnonit	Trực thoi	- nt. -	< ga.	Xám sáng		2,5 - 3
16	Calamin	Trực thoi	Dị. hướng	< spha.	Xám tối		5
17	Calaverit		Dị. hướng	> ga.	Vàng sáng		2,5
18	Cancopyrit	3 phương	Dị hướng	> ga.	Vàng		3,5 - 4
19	Cancozin	Trực thoi	Dị. hướng	< ga	Xám sáng		2,5 - 3
	(**)	L. phương.	Đ. hướng	< ga	Xám xanh	Nâu	2,5 - 3
20	Casiterit	4 phương	Dị hướng	< sph.	Xám		6 - 7
21	Cobantin	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Hồng		5,5
22	Colunbit	Trực thoi	Dị hướng	< sph.	Xám nâu	Nâu	–
23	Tantalit	Trực thoi	- nt. -	< spha.	Xám tối	Hồng	–
24	Covenlin	6 phương	- nt -	< ga.	Xanh sáng		1,5 - 2
25	Crôcôit	Đơn xiên	- nt -	< sph.	Xám trắng	Hồng	2,5 - 3
26	Crômit	L. phương	Đ. hướng	< sph.	Xám	Nâu	6,5
27	Cubanit	Trực thoi	Dị hướng	> ga.	Trắng kem		3,5
28	Cuprit	L. phương	Đ. hướng	< ga.	Trắng xám	Đỏ	3,5 - 4
29	Đồng tự sinh	- nt –	- nt -	> ga.	Hồng		2,5 - 3

1	2	3	4	5	6	7	8
30	Electrum	- nt. -	Đ.hướng	> ga.	Vàng sáng		2,5 - 3
31	Enargit	Trực thoi	Dị hướng	< ga.	Xám hồng		3
32	Fecberit	Đơn xiên	- nt -	< sph.	Xám vàng		5 - 5,5
33	Galenit	L. phương	Đ. hướng	= ga.	Trắng thép		2,5
34	Gacnierit	V.đ. hình	Dị hướng	< sph.	Xám		2 - 3
35	Giémsonit	Đơn xiên	- nt -	= ga.	Xám trắng		2,5
36	Gơtit	Trực thoi	Dị hướng	< ga.	Xám trắng		5 - 5,5
37	Graphit	3 phương	Dị hướng	< sph.	Xám nâu		1 - 2
38	Hecdocphit	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Hồng		5 - 5,5
39	Hêmatit	6 phương	Dị hướng	< ga.	Xám sáng	Đỏ	
40	Hydrohematit	Keo	- nt -	- nt -	Xám xanh	Hồng	4 - 5
41	Hydrogơtit	6 phương	- nt -	- nt -	Xám xanh	Nâu	4 - 5
42	Hubnerit	Đơn xiên	Dị hướng	< sph.	Xám	Hồng	5 - 5,5
43	Inmênit	6 phương	Dị hướng	< sph.	Xám	Nâu	5 - 6
44	Kinova	6 phương	- nt -	< ga.	Xám sáng	Đỏ	2 - 2,5
45	Lilianit	Trực thoi	- nt -	> ga.	Trắng kem		2 - 3
46	Maccazit	Trực thoi	- nt -	> ga.	Vàng sáng		6 - 6,5
47	Magnetit	L. phương	Đ. hướng	< sph.	Xám		5 - 6,5
48	Malachit	Xiên đơn	Dị hướng	< sph.	Xám hồng		3,5 - 4
49	Manganit	Xiên đơn	- nt -	< sph.	Xám nâu	Đỏmáu	4
50	Mêlonit	6 phương	Dị hướng	> ga.	Hồng kem		1 - 1,5
51	Milerit	6 phương	- nt -	> ga.	Xám vàng		3 - 3,5
52	Môlipđenit	6 phương	- nt -	< ga.	Trắng		1 - 1,5
53	Monnheimit	6 phương	- nt -	> ga.	Vàng hồng		5,5
54	Nikelin	6 phương	- nt -	> ga.	Hồng vàng		5,5
55	Penlanđit	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Xám vàng		3,5 - 4
56	Pirolusit	Trực thoi	Dị hướng	< ga.	Xám nâu		1 - 6,5
57	Platin tự sinh	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Trắng		4 - 4,5
58	Polibazit	Đơn xiên	Dị hướng	< ga.	Xám trắng	Đỏ	2 - 3
59	Polidimit	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Hồng vàng		5,5
60	Prustit	6 phương	Dị hương	< ga.	Trắng xanh	Hồng	2 - 2,5
61	Psilomêlan	Trưc thoi	- nt –	< ga.	Xám trắng		5 - 6
62	Pyrit	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Vàng trắng		6 - 6,5
63	Pyromocphit	3 phương	Dị hướng	< sph.	Xám	Nâu	3,5
64	Pyrotin	6 phương	- nt -	= ga.	Màu kem		4

1	2	3	4	5	6	7	8
65	Reanga	Đơn xiên	- nt –	< sph.	Xám trắng	Hồng	1,5 - 2
66	Rôđôcrosit	6 phương	- nt -	< ga.	Xám xẫm	Nâu	3,5
67	Rutin	3 phương	- nt -	< ga.	Xám trắng	Nâu	6 - 6,5
68	Sắt tự sinh	L.phương	Đ. hướng	< ga.	Trắng kem		4
69	Scorođit	Trực thoi	Dị hướng	< sph.	Xám xanh	Vàng	3,5 - 4
70	Sêruxit	Trực thoi	- nt -	< sph.	Xám	Vàng	3 - 3,5
71	Sheelit	4 phương	- nt -	< sph.	Xám		4,5
72	Siđêrit	3 phương	- nt -	< sph.	Xám xẫm	Nâu	3,5 - 4
73	Smísonit	6 phương	- nt -	sph.	Xám		4
74	Sphalerit	L. phương	Đ. hướng	< ga.	Xám tím	Vàng	5
75	Stanin	4 phương	Dị hướng	< ga.	Xám trắng		3,5 - 4
76	Stêphanit	Trực thoi	Dị hướng	< ga.	Xám trắng		3,5 - 4
77	Tenantit	L. phương	Đ. hướng	< ga.	Xám trắng		2 - 2,5
78	Tenorit	3 xiên	Dị hướng	< ga.	Xám xanh		3,5 - 4
79	Têtraeđrit	L. phương	Đ. hướng	< sph.	Xám trắng		3,5
80	Uraninit	L. phương	Đ. hướng	< sph.	Xám nâu	Nâu	3, - 4
81	Vanađinit	6 phương	Dị hướng	> sph.	Xám	Hồng	5,5
82	Vàng tự sinh	L. phương	Đ. hướng	> ga.	Vàng sáng		2,5 - 3
83	Vunphenit	4 phương	Dị hướng	= sph.	Xám	Vàng	2,5 - 3
84	Vurzit	6 phương	- nt -	= sph.	Xám tím	Vàng	2,5 - 3
85	Wonframit	Xiên đơn	- nt -	< sph.	Xám	Đỏ	3
86	Xêruxit	Trực thoi	- nt -	< sph.	Xám	Nâu	3,5 - 4
87	Zinkenit	6 phương	- nt -	< ga.	Xám trắng	Hồng	5 - 5,5
88	Zinkit	6 phương	- nt -	< sph.	Xám	Nâu	3 - 3,5

Chú thích:

* Độ phản quang so sánh với galenit (ga.) và sphalerit (sph), lớn hơn (>) hoặc nhỏ hơn (<).

** Cancozin trực thoi thành tạo trên 150^0 C, Cancôzin lập phương dưới 91^0C.

PHỤ LỤC 3

Bảng 1.8. Nguồn gốc các khoáng vật quặng quan trọng nhất

Tên khoáng vật	Công thức	Khoáng sàng magma				Khoáng sàng trầm tích				Khoáng sàng biến chất
		Dung ly	Pegmatit	Khí thành	Nhiệt dịch	Đới oxy hoá	Sa khoáng	Phong hoá	Trầm tích	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
1- (Oxyt)										
Rutil	TiO_2		●				●			
Casiterit	SnO_2		●	●	⊕		●			
Pyroluzit	MnO_2				⊕	●		●	●	
Crypsomelan	MnO_2(K, Ba, Pb)				⊕	●		●	●	
Psylomelan	-				⊕	●		⊕	⊕	
Asbolan	(Mn, Co)O_2					●		●	●	
Uraninit	UO_3		●		●		⊕			
Hematit	Fe_2O_3			●	●					●
Inmenit	$FeTiO_3$	●					●			
Sitapapyt	$(Mn,Fe)_2TiO_3$									●
Biksbyit	Mn_3O_4									●
Braonit	$3Mn_2O_3.MnSiO_3$				⊕					●
Hosmanit	Mn_2O_4				⊕					●
Peropskit	$CaTiO_3$	●	⊕							
Coppit	$(Ca,Ce,Na)Nb_2O_6$			●						
Niobit	$(Fe,Mn)Nb_2O_6$		●				⊕			
Tantalit	$(Fe,Mn)Ta_2O_6$		●				⊕			
Euksemit	(Tr,U,Th)-$(Nb,Ta,Ti)_2O_6$		●							
Valenbinit	Sb_2O_3					●				
Magnetit	$Fe\text{-}Fe_2O_4$	●		●			●			●
Franklinit	$(Zn,Mn)Fe_2O_4$									●
Cromit	$(Fe,Mg)(Cr,FeAl)_2O_4$	●					●			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zynkit	ZnO								●	●
Tenorit	CuO					●				
Cuprit	Cu_2O					●				
2- (Oxyt chứa H_2O)										
Lepidocrokit	$Fe_2O_3.H_2O$				⊕	●		●	●	
Gotit	$Fe_2O_3.H_2O$				⊕	●		●	●	
Limonit	$Fe_2O_3.H_2O.aq$					●		●	●	
Bomit	$Al_2O_3.H_2O$							●	⊕	
Hydrargilit	$Ac_2O_3.H_2O$							●	●	
Điaspo	$Al_2O_3.H_2O$							●		
Manganit	$Mn_2O_3.3H_2O$				●				●	
Hêterogonit	$CO_2O_3.2H_2O$					●				
3- Carbonat										
Calcit	$CaCO_3$				●				●	●
Magnensit	$MgCO_3$				●			●	●	●
Ankbrit	$(Ca, Fe, Mn, Mg)CO_3$				●				●	
Siderit	$FeCO_3$				●				●	
Rodocrosit	$MnCO_3$				●	●			●	
Smitsomit	$ZnCO_3$					●				
Dolomit	$Ca, Mg(CO_3)_2$				●	●			●	
Stroncianit	$SrCO_3$					⊕		●		
Viseryt	$BaCO_3$			⊕	●					
Serucit	$PbCO_3$							●		
Azurit	$2CuCO_3.(Cu(OH)_2$					●				
Malachit	$CuCO_3.Cu(OH)_2$					●				
Hydrozyntit	$ZnCO_3.2Zn(OH)_2$					●				
4- Borat										
Ludvigit	$Fe^{3+}(Mg,Fe^{2+})_2O_2.BO_3$			●						●
Kernit	$Na_2B_4O_7.4H_2O$								●	
Borak	$Na_2B_4O_7.10H_2O$								●	
Ulekcyt	$CaNaB_5O_9.8H_2O$								●	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Colemanit	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$								●	
Pandermit	$Ca_5B_{12}O_{23}.9H_2O$								●	
Boracyt	$Mg_4B_{14}O_{26}Cl_2$								●	
5- Sulfat										
Baryt	$BAsO_4$				●				●	
Celestyn	$SrSO_4$				●				●	
Anglezyt	$PbSO_4$					●				
Broxantit	$CuSO_4.3Cu(OH)_2$					●				
Cancantit	$CuSO_4.5H_2O$					●				
6- Wolframat, molibdat										
Wolframit	$(Fe, Mn)WO_4$		●	●	⊕					
Sheelit	$CaWO_4$		●	●	⊕					
Wulfenit	$PbMoO_4$					●				
7- Phosphorit, arsenit, vanađinit										
Tryfinin	$Li(Mn,Fe)(PO_4)$		●							
Litiofilit	$LiMn(PO_4)$		●							
Ambligonit	$LiAl(PO_4)(F,OH)$		●							
Xênotim	$Y\ldots(PO_4)$		●				●			
Monazit	$Ce\ldots Th(PO_4)$		●				●			
Olivenit	$Cu_2(AsO_4)OH$					●				
Đekluazyt	$(Pb, Cu, Zn)(VO_4)OH$					●				
Apatit	$Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$		●	●			●	●		
Pyromorfit	$Pb_5(PO_4)_3Cl$					●				
Mimestezyt	$Pb_5(AsO_4)_3Cl$					●				
Vanađinit	$Pb_5(VO_4)_3Cl$					●				
Erytryn	$CO_3(AsO_4)_28H_2O$					●				
Amabergit	$Ni(AsO_4).8H_2O$					●				
Torbernit	$Cu(UO_2)(PO_4)_2.8H_2O$					●				
Auturit	$Ca(UO_2)(PO_4)_2.8H_2O$					●				
Uranocyreit	$Ba(UO_2)(PO_4)_2.8H_2O$					●				

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Carnotyt	$(K, Na, Ca, Cu, Pb)_2 .(UO_2)_2(VO_4).3H_2O$					●		●		
Tinjamanit	$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2.4H_2O$							●		
8- Silicat										
Vilenmit	$ZnSiO_4$					●				●
Calamin	$Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$					●				
Diopta	$Cu_3(Si_3O_9).3H_2O$					●				
Crysocola	$CuSiO_9$.ap					●				
Zircon	$ZrSiO_4$	●	●				●			●
Thoris	$ThSiO_4$		●							
Gadolinit	$Y_2FeBe_2Si_2O_{10}$		●							
Beryl	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$		●							
Spodumen	$LiAl(Si_2O_6)$		●							
Xinvandit	$K(Al, Fe, Mg, Li)_{2-3} .(Si, Al)_4O_{10}.(OH, F)_2$		●	●						
Lêpidolit	$K(Al,Li)_{2-3} (Si,Al_4O_{10} (OH, F)_2$		●	●						
Petalit	$LiAlSi_4O_{10}$		●							
Poluxit	$Cs_2(Al_2Si_4O_{12})H_2O$		●							
Rodomit	$MnSiO_3$				⊕				⊕	●
Turingit	$Fe_{1.5}[Al, Fe]_{1.5} [Si_{2.5} Al_{1.5}O_{10}] [OH]_6 .nH_2O$								●	
Gacnierit	$Ni_4[Si_4O_{10}] [OH]_2.4H_2O$					●		●		
Nêfelin	$NaAlSiO_4$	●								
Leucyt	$KAlSi_2O_6$	●								
9- Haloit										
Halit	NaCl								●	
Synvin	KCl								●	
Carnalit	$KCl.MgCl_2.6H_2O$								●	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kerargitn	$AgCl$					●				
Alacanit	$CuCl_2.3Cu(OH)_2$					●				
Terlingvet	Hg_2ClO				●	⊕				
10 - Sulfur As, Sb, Bi, Mo										
Reanga	AsS				⊕	●				
Aurifiment	As_2S_3				⊕	●				
Antimont	Sb_2S_3				●					
Bismutin	Bi_2S_3			●	●					
Molibđenit	MoS_2		●	●						
11- Shefen, selenur, telur của Pb, Ag, Cu, Hg, Au										
Galen	PbS				●					
Argentit	Ag_2S				●	●				
Naomanit	Ag_2Se				●					
Calcosin	Cu_2S				⊕	●				
Neođigenit	Cu_2S đến Cu_9S_5				●					
Stromaferit	$Ag_2S.Cu_2S$				●	●				
Covelin	CuS				●	●				
Cancopyrit	$CuFeS_2$	●		●	●				⊕	●
Cubanit	$CuFe_2S_3$	●		●	●					●
Bornit	Cu_5FeS_4		●	●	●	●			●	●
Cinaba	HgS				●	●	⊕			
Hesyt	$(Ag,Au)_2Te.Ag_2Te$				●					
Calaveryt	$(Ag,Au)_2Te.Ag_2Te$				●					
Sylvanit	$AuTe_2.AgTe_2$				●					
Nagyagit	$(Pb,Au,)_2(Te,S)_2$				●					
12- Sulfur, arsenur, antimonur An, Fe, Mn, Ni, Co										
Sphalerit	(Zn, Fe, Mn,Cd)			●	●				⊕	●
Vurzyt	ZnS				●					
Pyrit	FeS_2			●	●				●	●
Lelimgit	$FeAs_2$			●	●					●

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Arsenopyrit	$FeAsS$			●	●					●
Pyrotin	$Fe_{n-1}S_n$	●		●	●					●
Penlandit	$(Fe, Ni)S$	●								
Cloantit	$CoAs_{2-3}$				●					
Sknuterudit	$CoAs_3$									●
Safloryt	$(Co, Ni)As_2$				●					
Ramelbergit	$(Ni,Co)As_2$				●					
Cobantin	$CoAsS$				●					●
Lineit	$(Co, Ni,Cu,Fe)_3S_4$			●	●					●
Nikelin	$NiAs$				●					
Mocheryt	$Ni_{11}As_8$				●					
Herdorfit	$NiAsS$				●					
Umanit	$NiSbS$				●					
Milcrit	NiS				●				●	
13- Sulfo, arsenur, antimonur của platin										
S perilit	$PtAs_2$	●		●		●				
Cuperit	PtS	●								
Stibio-paladinit	Pd_3Sb	●								
14- Sulfo muối của Cu, A, Pb, Bi...										
Tetraedrit	Cu_3SbS_3				●					
Tenantit	Cu_3AsS_3				●					
Hermatit	$Cu_6Fe(Ge,Ga)S_8$				●					
Enargit	Cu_3AsS_4				●					
Luzonit	Cu_3AsS_4				●					
Stibioluzonit	Cu_3SbS_4				●					
Pirargôngt	$3Ag_2S.Sb_2S_3$				●					
Prustyt	$3Ag_2S.As_2S_3$				●					
Stefanit	Ag_5SbS_4				●					
Polibazyt	$(Ag,Cu)_{16}Sb_2S_{11}$				●					
Miargiryt	$AgSbS_2$				●					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Burnonit	$PbCuSbS_3$				●					
Bulangieryt	$Pb_5Sb_4S_{11}$				●					
Demsonit	$Pb_4FeSb_6S_{14}$				●					
Sapbachit	$AgBiS_2$				●					
Vitychenit	Cu_3BiS_3				●					
Stanin	Cu_2FeSnS_4				●					
15- Khoáng vật tự sinh										
Đồng Tự sinh	Cu				●	●			⊕	
Domeikit	Cu(3-9 As)				●					
Bạc tự sinh	Ag				●	●				
Vàng tự sinh	Au (+Ag)		●	●	●	●	●			
Thuỷ ngân	Hg					●				
Platyn	(Pt, Fe)+	●					●			●
Arsen tự sinh	As				●					
Alemontyt	(Sb, As)				●					
Bismut tự sinh	Bi				●					

Chú thích: ● Khoáng vật chủ yếu

⊕ Khoáng vật thứ yếu.

Bảng 1.9. Nguồn gốc các khoáng vật đi cùng quặng chủ yếu

Tên khoáng vật	Công thức hoá học	Khí thành	Nhiệt dịch	Ngoại sinh
Anbit	$NaAlSi_3O_8$		•	
Adula	$KAlSi_3O_8$		•	
Anhydrit	$CaSO_4$		•	•
Ankêrit	$(Ca, Mg, Fe, Mn)CO_3$		•	
Alunit	$K_2SO_4.3Al_2SO_6.6H_2O$		•	•
Aragonit	$CaCO_3$		•	•
Apatit	$Ca_5.(PO_4)_3(Cl, F)$	•		
Baryt	$BaSO_4$		•	•
Bơmit	$Al_2O_3.H_2O$		•	•
Canxit	$CaCO_3$		•	•
Canxedon	SiO_2		•	•
Selestyn	$SrAsO_4$		•	•
Cloryt	$Mg_3Al(Si_3Al)_{10}(OH)_8 \pm Mg_3Al(Si_4O_{10})(OH)_8$		•	
Cynvandit	$K(Al, Li, Fe)_{2-3}(Si, Al)_4O_{10}(OH,F)_2$	•		
Dolomit	$CaCO_3.MgCO_3$		•	•
Gơtit	$Fe_2O_3.H_2O$		•	•
Hêmatit	Fe_2O_3	•	•	•
Hydragilit	$Al_2O_3.3H_2O$		•	•
Kaolinit	$Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$		•	•
Êpidot	$Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3.OH$	•	•	
Fluorit	CaF_2	•	•	
Nontronit	$Fe_2(Si_4O_{10})(OH)_2$		•	•
Mormorilonit	$Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2.H_2O$		•	•
Opan	$SiO_2.H_2O$		•	•
Pirolusit	MnO_2		•	•
Psylomelan	MnO_2		•	•
Criptomêlan	MnO_2		•	•
Serixit	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		•	
Serpentin	$3MgO.2SiO_2.2H_2O$	•	•	
Siderit	$FeCO_3$		•	•
Talk	$Mg_3(Al,Fe)_3(SiO_4)_3OH$	•	•	
Topa	$AlSiO_4.F_2$	•		
Thạch anh	SiO_2	•	•	•
Thạch cao	$CaSO_4.2H_2O$		•	•
Turmalin	$(Ca, Na)(Mg, Fe, Li\ldots)(Si_6O_{27}B_3)(OH,F)_4$	•		
Zêôlit	Silicát của Al, Na, K, Ba + nH_2O		•	•

PHỤ LỤC IV

Bảng 3.7. Các khoáng vật tạo đá chính

Khoáng vật	Nhóm hay nguồn gốc	Thành phần	Chiết suất (n)	Lưỡng chiết suất n_g-n_p+*
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Actinolit	Amfibol	$[Si_4O_{11}][OH]_2$ (Mg, Fe)$_5$Ca$_2$	1,65	20
Acvelsonit	Amfibol	$[Si_4O_{11}]$ $[OH]_2Na_3F_e^{3+}$	1,69	8
Adule	Felspat	Biến thể của octocla		
Akemanit		$[Si_2O_7]$ Ca_2 Mg	1,64	3
Alanit	Epiđot	Epiđot giàu đất hiếm	1,73	20
Alunit		KAl_3 $(OH)_6$ $(SO_4)_2$	1,58	20
Amasonit	Felspat	Biến thể của microclin		
Ambligonit	Pegmatit	$[PO_4|F]LiAl$	1,60	20
Amezit	Clorit	$[Si_2Al_2O_{10}|(OH)_2|$ (Mg, Fe)Al_2 .(Mg, Fe)$_3$ (OH$_6$	1,59	17
Amian	Amfibol	Biến thể của tremolit-actinolit		
Ananxim	Zeolit	$[Si_2AlO_6]$ $(Na_2, Ca).2H_2O$	1,49	0-1
Anbit	Felspat	$[Si_3AlO_8]$ Na	1,53	10
Anđaluzit	Biến chất	$[SiO_4 \mid O]$ $(Al, Fe^{3+})_2$	1,64	10
Andezin	Felspat	$[Si_2(Si, Al)\ O_8]$ (Na, Ca)	1,55	8
Andradrit	Granat	Ca_3 Fe_2^{3+} $(SiO_4)_3$	1,89	0-2
Anhydrit		SO_4Ca	1,59	44
Anit	Mica	$[Si_3OAl_{10}|$ $(OH)_2$ K $Fe_3]$	1,65	70
Ankerit		$(CO_3)_2$ Ca F_2	1,66	210
Anmadin	Granat	$Fe_2^{3+}Al_2$ $(SiO_4)_3$	1,82	0
Anoctit	Felspat	$[Si_2Al_2O_8]$ Ca	1,58	12
Anoctocla	Felspat	$[Si_3AlO_8]$ Na, K	1,54	10
Antigorit	Secpentin	$[Si_4O_{10}(OH)_8]$ Mg_6	1,56	6
Antofilit	Amfibol	$[Si_4O_{11} \mid (OH)_2(Mg, Fe)_7$	1,63	21
Apatit		$[PO_4]_3(F,Cl,OH)Ca_5$	1,64	4
Apofilit	Zeolit	$[(Si_4O_{10})_2|OH, F)]$ $KCa_4.8H_2O$	1,54	0-1
Aragonit		CO_3Ca	1,61	156
Atrofilit	Nefelin	$[(Si_2O_7)_2|$ (OH) (K_2, Na_2, Ca) (Fe, Mn)$_4$ (Ti, Zr)	1,71	55

* *Lưỡng chiết suất đã được nhân lên 1000. Ví dụ: 20 tức là 0,020*

1	2	3	4	5
Axinit		$[Si_4O_{12} \mid BO_3 \mid OH] Ca_2$ (Fe Mn, Mg) Al_2	1,69	10
Bababudanit	Amfibol	$[Si_4O_{11} \mid (OH)]_2 Na_2 (Mg, Fe)_3$, Fe_2^{3+}	1,66	12
Babingtonit		$[SiO_3]$ (Ca, Fe^{2+}, Fe^{3+}, OH)	1,73	29
Bachierit	Felspat	Biến thể của anbit		
Backevikit	Amfibol	$[Si_3AlO_{11} \mid OH]_2$ Na Ca_2 (Mg), Fe)$_4$ (Fe^{3+}, Al)	1,69	20
Baxtit	Secpentin	Biến thể của antigorit		
Bectrandit	Pegmatit	$[Si_2O_7(OH)_2Be_4$	1,60	24
Beryn	Pegmatit	$[Si_2O_{18}] Al_2Be_3$	1,58	6
Biotit	Mica	$[Si_3AlO_{10} \mid (OH)_2]K(Mg, Fe)_3$	1,60	45
Bitaonit	Felspat	$[Si_2(Al, Si)O_8]$ (Ca, Na)	1,57	10
Brandisit	Mica	Biến thể của clintonit		
Briuxterit	Zeolit	$[Si_6Al_2O_{16}]$ (Ca, Ba, Na),$5H_2O$	1,52	13
Bronzit	Pyroxen	$[SiO_3]$ (Mg, Fe)	1,68	10
Cancrinit	Felspatoit	$[(Si AlO_4)_3 \mid CO_3] Na_3Ca$	1,51	26
Canxedon		SiO_2	1,54	9
Canxit		CO_3Ca	1,57	172
Catapleit	Nefelin	$[Si_3O_4]Na_2$ Zr, H_2O	1,61	36
Clinoclo	Clorit	$[Si_{2-4}Al_{2-0}O_{10} \mid (OH)_2]$ Mg, Al)$_3$ $Mg_3(OH)_6$	1,58	6
Clinoenstatit	Pyroxen	$[SiO_3]Mg$	1,67	14
Clinoferosilit	Pyroxen	$[SiO_3]Fe$	1,77	31
Clinohipecten	Pyroxen	$[SiO_3]$ (Mg, Fe)	1,72	25
Clinohumit	Humit	$4[SiO_4]Mg_2$ – Mg $(OH, F)_2$	1,66	34
Clinozoizit	Epidot	$[Si_2O_7 \mid SiO_4 \mid OH \mid O]Ca_2 Al_3$	1,71	8
Clintonit	Mica	$[Si_{2-1}Al_{2-3}O_{10} \mid (OH)_2]Ca, Mg_{2-3}$ Al_{0-1}	1,65	12
Cloritoit	Mica	$[SiAlO_5 \mid (OH)_2]$ FeAl	1,73	10
Cloroxpinen	Spinen	Mg (Al, $Fe^{3+})_2O_4$	1,92	0
Coedierit	Biến chất	$[Si_5AlO_{18}(Mg, Fe)_2 Al_3$	1,55	12
Corindon		Al_2O_3	1,76	8
Criolit	Pegmatit	$F_6Al Na_3$	1,34	0-1
Cristobalit		SiO_2	1,48	3
Crizotin	Secpentin	$[Si_4O_{10} \mid (OH)_8] Mg_6$	1,55	10
Crompleonat	Spinen	(Fe, Mg) $(Al, Cr)_2O_4$		

1	2	3	4	5
Cromxpinen	Spinen	Mg (Al, Cr)$_2$O$_4$		
Croxit	Amfibon	[Si$_4$O$_{11}$ |OH$_2$] Na$_2$(Mg, Fe)$_3$(Al,Fe^{+3})$_2$	1,65	15
Cumintonit	Amfibon	[Si$_4$O$_{11}$ OH]$_2$ (Mg,Fe)$_7$	1,67	33
Đafnit		[Si$_{2-3}$ Al$_{2-1}$O$_{10}$| (OH)$_2$]		
Đanburit		[Si$_2$ B$_2$O$_8$] Ca	1,63	6
Đatolit	Zeolit	[SiBO$_4$ |OH] Ca	1,65	44
Đavin	Felspatoit	[(Si AlO$_4$)$_3$ SO$_4$] (Na, K)$_3$ Ca	1,52	0-3
Điala	Pyroxen	Xem ogit	1,70	27
Đialogit	Biến chất	CO$_3$ Mn	1,71	220
Điaspo		Al$_2$O$_3$, H$_2$O	1,73	48
Đicroit		Xem cocđierit		
Đikit	Sét	[Si$_4$O$_{10}$ | (OH)$_8$]Al$_4$	1,56	6
Điopxit	Pyroxen	[SiO$_3$]$_2$ CaMg	1,69	29
Đipia	Scapolit	Xem scapolit	1,56	14
Điten	Biến chất	[SiO$_4$ |O]Al$_2$	1,72	14
Đolomit		(CO$_3$)$_2$ Mg	1,59	177
Đravit	Turnalin	[Si$_6$O$_{18}$ |(BO$_3$)$_3$| (OH, F)$_4$]Na, Al$_6$ Mg$_3$	1,64	22
Đumocterit	Pegmatit	[(SiO$_4$) |(BO$_3$)O$_3$] (Al, Fe)$_7$	1,69	25
Eatonit	Mica	[Si$_5$Al$_3$O$_{20}$|OH]$_2$ K$_2$ Mg$_5$ Al	1,56	14
Eckeemanit	Amfibol	[Si$_4$O$_{11}$|OH]$_2$ Na$_3$ Mg$_4$ Al	1,64	22
Eđenit	Amfibol	[Si$_7$AlO$_{22}$ |(OH)$_2$] Na Ca$_2$ Mg$_5$	1,63	12
Eđintonit	Zeolit	[Si$_3$Al$_2$O$_{10}$] Ba. 4H$_2$O		
Eleolit	Felpatoit	Biến thể của nefelin		
Emeri		Xem corinđon		
Emerot		Biến thể của berin		
Enbait	Turmalin	[Si$_6$O$_{18}$] (BO$_3$)$_3$| (OH, F)$_4$] Na, Al$_6$ (Li, Al)$_3$	1,63	20
Enstatit	Pyroxen	[SiO$_3$]Mg	1,67	8
Epidot		Xem Pitasit		
Epixtinbit	Zeolit	[Si$_6$Al$_2$O$_{16}$] Ca, 5H$_2$O	1,51	12
Epxomit	Muối mỏ	Mg SO$_4$. 7H$_2$O	1,45	28
Eririt	Biến chất	CO$_3$ (AsO$_4$)$_2$. 8H$_2$O	1,66	73
Faxait	Pyroxen	[(Si, Al)O$_3$]$_2$ Ca(Mg, Fe, Al)	1,77	27
Fayalit	Peridotit	[SiO$_4$]Fe$_2$	1,84	49
Fenaxit	Pegmatit	[SiO$_4$]Be$_2$	1,66	16
Fengit	Mica	[Si$_7$AlO$_{20}$|(OH)$_4$] K$_2$(Mg, Fe) Al$_3$	1,58	40

1	2	3	4	5
Ferihecxinit	Spinen	$Fe^{2+}(Al, Fe^{3+})_2O_4$		
Ferimuscovit	Mica	$[Si_3 AlO_{10}(OH)_2]$ $KF^{3+}Al$	1,60	50
Feripleonat	Spinen	(Fe^{2+}, Mg) $(Al, Fe^{3+})^2O_4$		
Feroactinolit	Spinen	$[Si_4O_{11}$| $OH]_2$ Ca_2 Fe_5		
Ferohipecten	Amfibol	$[SiO_3](Fe, Mg)$	1,69	17
Ferohoctonolit		Xem olivin		
Ferosilit	Pyroxen	$[SiO_3]$ Fe		
Fibrolit	Biến chất	$[SiO_3]_2(Fe, Mg)$ Ca Biến thể dạng sợi của silimanit	1,72	30
Filipxit	Zeolit	$[Si_5$ Al_3 $O_{16}]$ Kca, $6H_2O$	1,50	6
Flogopit	Mica	$[Si_3 AlO_{10}(OH)_2]KMg_3$	1,56	35
Fluoapatit		$[PO_4]_3$ FCa_5; xem apatit		
Fluorin		F_2 Ca	1,43	0
Fluotaramit	Amfibol	$[Si_4O_{11}$|$OH]_2$ Na_3 $(Fe, Mg)_4Al$, Fe^{3+}	1,66	12
Focterit	Periđotit	$[SiO_4]$ Mg_2	1,66	34
Fojaxit	Zeolit	$[Si_4Al_2O_{12}]$ Na_2 $Ca.6H_2O$	1,48	0
Fucxit	Mica	Mutcovit chứa crom	1,59	40
Gacnierit	Secpentin	$[Si_4O_{10}$|$(OH)_8]$ $(Mg, Ni)_6$	1,60	9
Gađolinit	Pegmatit	$[SiO_4$|$O]_2$ Y_2 Fe, Be_2	1,80	14
Galaxit	Spinen	Mn Al_2 O_4		
Ganit	Spinen	Zn Al_2O_4	1,80	0
Gay-luxit	Muối mỏ	Na_2 $Ca(CO_3)_2.5H_2O$	1,48	80
Gedrit	Amfibol	$[Si_{3-3,5}$ $Al_{1-0,5}O_{11}$|$OH]_2$ $Al_{2-1}(Mg, Fe)_{6-5}$	1,67	19
Gelenit		$[SiAlO_7]$ Ca_2 Al	1,66	10
Gipxit	Sét	Al $(OH)_3$	1,57	18
Gitmonđin	Zeolit	$[Si_2Al_2O_8]_2$ $Ca.4H_2O$	1,54	12
Glaxerit	Muối mỏ	$(K, Na)_2$ SO_4	1,49	7
Globerit	- nt -	Na_2 Ca $(SO_4)_2$	1,52	21
Glocofan	Amfibol	$[Si_4O_{11}$|$OH]_2$ Na_2 $(Mg, Fe)_3Al_2$	1,63	19
Gloconit			1,60	25
Gơmelinit	Zeolit	$Si_4Al_2O_{12}(Na_2Ca).2H_2O$	1,47	0-2
Gơtit		$Fe_2O_3.H_2O$	2.28	110
Gramatit		Xem tremolit		
Granđierit	Pegmatit	$[(SiO_4)_5$|BO_3|BO_3|$(OH)_3]$ $(AlO)_{16}$ $.Na_2$ $(Fe, Mg)_4$	1,65	37

1	2	3	4	5
Grafit	Biến chất Pegmatit		Không trong suốt	
Grenovit		Sfen chứa Mn		
Grinalit	Secpentin	$[Si_4O_{10}\vert OH_8] (Fe^{2+}, Fe^{3+})_6$	1,67	0
Grosule	Granat	$Ca_3 Al_2 (SiO_4)_3$	1,74	0 - 2
Grunerit	Amfibol	$[Si_4O_{11}\vert OH]_2 Fe_7$	1,70	40
Hacmotom	Zeolit	$[Si_6Al_2O_{16}] Ba.6H_2O$	1,51	6
Halit	Muối mỏ	ClNa	1,54	0
Haloxit	Sét	$[Si_4O_{10}\vert(OH)_8] Al_4.nH_2O$	1,52	0
Hatinxit	Amfibol	$[Si_3 AlO_{11}\vert OH]_2 NaCa_2 Fe_4(Al, Fe^{3+})$	1,71	21
Hauyn	Felspatoit	$[(SiAlO_4)_6\vert(SO_4)_{2-1}] (Na_2, Ca)_{3-4}$	1,50	0
Haubronit		Xem ambligonit		
Hecxinit	Spinen	$Fe Al_2O_4$	1,90	0
Hedenbecgit	Piroxen	$[SiO_3]_2 Ca Fe$	1,74	31
Heminofit	Biến chất	$[Si_2O_7\vert(OH)_2] Zn_4$	1,62	22
Hialofan	Felspat	$[Si_2 (Si, Al) O_8]_2 (Ba, K)$	1,54	6
Hidracgilit		Xem gipxit		
Hidroxin-apatit		$[PO_4]_3 (OH) Ca_5$	Xem apatit	
Hipecten	Pyroxen	$[SiO_3] (Mg, Fe)$	1,71	15
Hocblen bazan	Amfibol	$[(Si, Al)_4 O_{11}\vert(O,OH)_{2-1}] (Na, Ca, Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Ti)_7$	1,70	40
Hocblen lục	Amfibol	$[(SiAl_4)_4 O_{11}\vert OH]_2 Na_1 Ca_2 (Mg, Fe)_{3-5} Al_{0-2}$	1,67	20
Hocdalit	Nefelin	$[SiO_4)_2\vert F] NaCa_2 Zr$	1,69	18
Hølandit	Zeolit	$[(Si_7Al_2O_{18}] Ca.6H_2O$	1,50	4
Humit	Humit	$3 [SiO_4]Mg_2.Mg (OH, F)_2$	1,64	33
Idinxit	Secpentin		1,73	55
Idocra	Biến chất	$[(Si_2O_7)_2\vert(SiO_4)_5\vert(OH)_4] Ca_{10}(Mg, Fe)_2 Al_4$	1,72	4
Ilit	Sét			
Imerinit	Amfibol	$[Si_4O_{11}\vert(OH)_{2-1}] (Na, K)_2 (Fe, Mg, Ca)_3 (Fe^{3+}, Al)_2$	1,65	20
Indialit		Biến thể của cocdierit		
Invait		$[Si_2O_7\vert O\vert OH] CaFe^{2+}Fe^{3+}$	1,90	50
Iolit		Xem cocdierit		
Jadeit	Pyroxen	$[SiO_3)_2 Na Al$	1,66	13

1	2	3	4	5
Jenkixit	Secpentin	$[Si_4O_{10}\|(OH)_8](Mg, Fe)_6$	1,59	7
Johanxenit	Pyroxen	$[SiO_3)_2CaMn$	1,72	28
Jonxtrupit	Nefelin	$[(SiO_4)_2\|F](Ca, Na)_3(Ti, Ce)$	1,67	12
Kainit	Muối mỏ	$KCl, MgSO_4.3H_2O$	1,51	23
Kaliofilit	Felspatoit	$[SiAlO_4]K$	1,53	4
Kaolinit	Sét	$[Si_4O_{10}\|(OH)_8]Al_4$	1,56	6
Kecxutit		Xem hocblen chứa Ti		
Kehoit		Biến thể của Sfen giàu Y, Ce		
Kianit		Xem điten		
Kiexerit	Muối mỏ	$MgSO_4.H_2O$	1,55	63
Kim cương	Biến chất	C	2,42	0
Kocnerupin	Pegmatit	$[(SiO_4)_4\|(O.OH)_{5-6}](Mg, Fe, Al)_4(Al, Be)_6$	1,68	14
Kopit		Biến thể của piroclo		
Kupferit	Amfibol	$[Si_4O_{11}\|OH]_2Mg_7$	1,62	30
Labrađo	Felspat	$[Si_2(Al, Si)O_8](Ca, Na)$	1,57	9
Lacnit	Biến chất	$[SiO_4]Ca_2$	1,72	23
Lampropolit		Xem hocblen bazan		
Lamprofilit	Nefelin	$[(SiO_4)_2(0,OH, F)_2]Na_3Sr_2Ti_3$	1,76	32
Lavenit	Nefelin	$[(SiO_4)_2\|F](Na, Ca, Mn)_3Zr$	1,71	38
Lazulit		$(Mg,Fe)(AlOH)_2(PO_4)_2$	1,64	34
Lepidolit	Mica	$[Si_3(Si, Al)O_{10}\|(OH, F)_2]KAl, (Li, Fe, Al)$	1,54	20
Lepidomelan	Mica	$[Si_3AlO_{10}\|(OH)_2K(Fe, Mg)_3$	1,63	57
Limonit		Gơtit ẩn tinh		
Litiofilit	Pegmatit	$[PO_4]LiMn$	1,68	10
Lomontit	Zeolit	$[Si_2AlO_6\|Ca, 4H_20]$	1,51	12
Lexomit	Zeolit	$[Si_2O_7\|(OH)_2]CaAl_2, H_2O$	1,67	19
Lơtenbecgit	Clorit	Biến thể của clinoclo	1,58	10
Lơxit	Felspatoit	$[Si_2AlO_6]K$	1,51	0 - 1
Lutexit		Xem canxeđon		
Luxatin		Cristobalit dạng sợi		
Lưu huỳnh		S	2,1	287
Macgarit	Mica	$[Si_2Al_2O_{10}\|(OH)_2]CaAl_2$	1,63	12
Magnehatinxit	Amfibol	$[Si_3AlO_{11}\|OH]_2NaCa_2Mg_4(Al, Fe^{3+})$	1,66	18
Magnetit		$Fe_2^{3+}Fe^{2+}O_4$		
Marialit	Scapolit	$[(Si_3AlO_8)_8\|(Cl_2SO_4CO_3)]Na_8$	1,54	6

1	2	3	4	5
Mecvinit	Biến chất	[Si_2O_8] Ca_3 Mg	1,71	13
Melanit	Granat	Ca_3 (Fe^{3+}, Ti) (SiO_4)$_3$	1,88	0
Melilit		[Si (Si, Al) O_7] Ca_2 (Al, Mg)	1,65	0 - 5
Meroxen		Xem biotit		
Mezolit	Zeolit	[Si_2 Al_2O_{10}] Ca_2Na_2, $8H_2O$	1,51	0
Mezotip	Zeolit	[Si_3 Al_2O_{10}] Na_2, $2H_2O$	1,49	12
Microclin	Felspat	[Si_3AlO_8] K	1,52	7
Microlit		Biến thể của piroclo		
Microsomit		Bieens thể của cancrinit		
Mirabilit	Muối mỏ	Na_2 SO_4.$10H_2O$	1,40	4
Mizonit	Scapolit	Xem Scapolit	1,57	25
Mocđenit	Zeolit	[Si_{20} Al_4O_{48}] Ca (Na, K)$_{2.}$ $14H_2O$	1,48	3
Monmorilonit	Sét	[Si_4 O_{10}| $(OH)_2$] Al_2 $4H_2O$	1,53	25
Monazit		[PO_4] (Ce, La, Th…)	1,82	50
Montebraxit	Pegmatit	[SiO_4 | OH] LiAl	1,62	22
Montixelit	Biến chất	[SiO_4] Ca Mg	1,66	15
Mozanđrit	Nefelin	[$(SiO_4)_2$ | H_2, O, F)] (Ca, Na, Y)$_{2-3}$ (Ti, Zr, Ce)	1,65	12
Mulit	Biến chất	[Si_2 Al_2O_{12}|O] Al_4	1,66	21
Muscovit	Mica	[Si_3 AlO_{10}|$(OH)_2$] KAl_2	1,56	40
Nacolit	Muối mỏ	CO_3 HNa	1,48	208
Nacrit	Sét	[Si_4O_{10} |$(OH)_8$] Al_4	1,56	6
Natrolit		Xem mezotip		
Natron	Muối mỏ	CO_3 Na_2.$10H_2O$	1,42	35
Nefelin	Fenpattoit	[$SiAlO_4$]$_4$ Na_3 K	1,54	4
Nepuit	Secpentin	[Si_4 O_{10} | $(OH)_8$] (Mg, Fe, Ni)$_6$	1,59	20
Nonronit	Sét	[Si_4O_{10} |$(OH)_2$] Fe^{3+}.$4H_2O$	1,60	30
Nocbecgit	Humit	[SiO_4] Mg_2.Mg (OH, F)$_2$	1,58	27
Nozean	Fenpatoit	[$(SiAlO_4)_6$ | SO_4] Na_8	1,49	0
Octahedrit		Xem anata		
Octit		Xem alanit		
Octocla	Felspat	[Si AlO_8] K	1,53	7
Ogit	Pyroxen	[(Si, Al)O_3] (Ca, Mg, Fe, Al)	1,70	26
Ogit erigin	Pyroxen	p.ogit + q.egirin	1,76	37
Ogit có titan	Pyroxen		1,73	1.73
Oligit		Fe_2O_3	Không thấu quang	
Oligocla	Felspat	[Si_2 (Si, Al)O_8] (Na, Ca)	1,54	8

1	2	3	4	5
Olivin	Periđotit	$[SiO_4] (Mg, Fe)_2$	1,75	41
Omfaxit	Piroxen	p.ogit + q.iadeit	1,67	23
Opan		SiO_2	1,44	0
Otrelit	Mica	Cloritoit chứa mangan		
Ozanit	Amfibol	Biến thể của ribeckit		
Ơcla	Biến chất	$[SiAlO_4 \| OH \| Be$	1,66	20
Ơcolit	Nefelin	$[(Si_3O_9)_2 \| (OH, Cl)] (Na, Ca, Fe)_6 Zr$	1,63	5
Ơđialit	Nefelin	$[(Si_3O_9)_2 \| (OH, Cl)] (Na, Ca, Fe)_6 Zr$	1,60	0-2
Ơlit	Pyroxen	$[SiO_3(Fe, Mg)$		
Ơxenit	Gegmatit	Miobotantalat U, Th...	2.16	0
Pacgaxit	Amfibol	$[Si_3AlO_{11} \| OH \|_2 NaCa_2 Mg_4 Al$	1,63	22
Paligockit	Sét			
Paragonit	Mica	$[Si_3AlO_{10} \| (OH)_2] Na Al_2$	1,58	33
Paravolalonit	Biến chất	$[SiO_3] (Ca, Fe, Mg, Mn)$	1,62	16
Pectolit	Zeolit	$[SiO_3] H NaCa_2$	1,62	35
Penin	Clorit	$[Si_{2-4} Al_{2-0} O_{10} \| (OH)_2] (Mg, Al)_3 .Mg_3 (OH)_6$	1,57	2
Pericla	Biến chất	MgO	1,73	0
Periclin	Felspat	Biến thể của anbit		
Peropkit		$CaTiO_3$	2.34	0-1
Petalit	Pegmatit	$[Si_4 AlO_{10}] Li$	1,51	11
Picotit	Spinen	$(Mg, Fe) (Al, Cr)_2O_4$	1,87	0
Piemontit	Epidot	$[Si_2O_7 \| SiO_4 \|) OH \| O] (Ca, Mn)_2 Al_2 (Al, Fe^{3+})$	1,78	52
Pijonit	Pyroxen	$[SiO_3](Mg, Fe, Ca)$	1,72	25
Piroclo		$[(Nb, Ta, Ti)_2 O_6 \| (OH, F, O)] (Na, Ca)_2$	2.05	0
Pirofilit		$[Si_4O_{10} \| (OH)_2] Al_2$	1,58	48
Pirop	Granat	$Mg_3 Al_2 (SiO_4)_3$	1,73	0
Pitasit	Epidot	$[Si_2O_7 \| SiO_4 \| O] Ca_2 Al_2(Fe^{3+}, Al)$	1,74	30
Pleonat	Spinen	$(Fe, Mg) Al_2O_4$	1,87	0
Policra	Pegmatit	Niobotitanat của U, Th ...	2.14	0-5
Polihalit	Muối mỏ	$K_2 Mg Ca_2(SO_4)_4.2H_2O$	1,56	20
Poxilitionit	Mica	Xem lepidolit		
Prenit	Zeolit	$[Si_2O_7 \| SiO_4]Ca_2(Al, Fe^{3+})_2.H_2O$	1,64	30

1	2	3	4	5
Proclorit	Clorit	$[Si_{2-3}Al_{2-1}O_{10}| (OH)_2]$ $(Mg, Fe, Al)_8.Mg_3 (OH)_6$	1,62	3
Ribeckit	Amfibol	$[Si_4O_{11}| OH]_2 Na_2(Fe, Mg)_3 Fe_2^{3+}$	1,69	4
Rinkit	Nefelin	$[(SiO_4)O| F_2] Na (Ca, Ce)_2 (Ti,Ce)$	1,67	16
Riterit	Amfibol	$[Si_4O_{11}|OH]_2 Na_2 Ca(Mg, Fe, Mn)_5$	1,62	20
Rocolit	Mica	Mutcovit chứa vanađi	1,66	85
Rozenbusit	Nefelin	$[SiO_4|_2 (F)_2] (Na, Ca)_3 (Fe, Ti, Zr)$	1,69	27
Rubelit	Tumalin	Biến thể của tuamalin	2.76	286
Rutin		TiO_2	1,70	30
Semackit	Amphibol	$(Nb, Ta)_2 O_2(y,Er, Ce, U, Fe, Ca)$	2.17	0
Sanidin	Felspat	$(Cb, Ta)_2 O_2 (Y, Er, Ce, U, Fe, Ca)$	1,53	7
Saponit	sét		1,53	24
Scapolit		$[Si_{2-3} Al_{2-1} O_8]_6 (Cl_2 ,SO_4, CO_3(Na, Ca)_8$		
Scoclit	Turmalin	$[Si_6O_{18}| (BO_3)_3| (OH, F)_4] NaAl_6 (Fe, Mn)_3$	1,65	30
Sfen		$[SiO_4| O] Ca Ti$	1,98	135
Silimanit	Biến chất	$[Si AlO_5] Al$	1,67	21
Singenit	Muối mỏ	$K_2Ca (SO_4)_2.H_2O$	1,51	17
Sinvit	Muối mỏ	KCl	1,45	0
Sodalit	Felspatoit	$[(SiAlO_4)_6|Cl_2] Na_8$	1,48	0
Specxactit	Granat	$Mn_3Al_2 (SiO_4)_3$	1,80	0
Spinen		$(Mg, Fe^{2+}, Mn, Zn) (Al, Fe^{3+}, Cr)_2 O_4$	1,78	0
Spodumen	Piroxen	$[SiO_3]_2 LiAl$	1,66	19
Spurit	Biến chất	$[(SiO_4)_2| CO_3] Ca_5$	1,66	39
Stibiotantalit	Pecmatit	$(Ta, Nb) O_4 Sb$	2.42	72
Stir bit	Zeolit	$[Si_7Al_2 O_{18}] Ca.7H_2O$	1,50	11
Stinomelan			1,64	70
Storolit	Biến chất	$[SiO_4| O] Al_2.Fe (OH)_2$	1,74	13
Strontianit	Muối mỏ	CO_3Sr	1,59	150
Secmakit	Amfibol	$[Si_3AlO_{11} | OH)]_2 Na_2 Mg_3 Al_2$	1,69	20

1	2	3	4	5
Seridanit	Clorit	$[Si_{2-4} Al_{2-0}O_{10} \| (OH)_2] (Mg, Al)_3 .Mg_3 (OH)_6$	1,59	11
Sibeclit	Mica	Biến thể của clitonit		
Talc		$[Si_4 O_{10} \| (OH)_2] Mg_3$	1,57	45
Tefroit		$[SiO_4] Mn_2$	1,78	40
Tenacđit	Muối mỏ	Na_2SO_4	1,47	13
Thạch anh		SiO_2	1,55	9
Thạch cao	Muối mỏ	$SO_4Ca, 2H_2O$	1,52	10
Titan olivin	Periđotit	$[SiO_4] (Fe, Mg, Ti)_2$	1,69	33
Titanit		Xem sfen		
Tocbenit		Xem chancolit		
Tomxonit	Zeolit	$[Si_2(Si, Al,) Al_2 O_{10}]_2 NaCa_2, 5H_2O$	1,53	11
Topa	Pegmatit	$[SiO_4 \| (F, OH)_2] Al_2$	1,62	9
Topazolit	Granat	Biến thể của andrađrit		
Torit		$[SiO_4] Th$	1,80	0-10
Tremolit	Amfibol	$[Si_4O_{11} \| OH]_2 Ca_2 Mg_5 SiO_2$	1,62	24
Tridimit		SiO_2	1,47	3
Trifilit	Pegmatit	$[PO_4] Li Fe$	1,69	7
Triplit	Pegmatit	$(Mn, Fe, Mg, Ca)_2 FPO_4$	1,68	19
Trona	Muối mỏ	$CO_3 Na_2, CO_3H Na.2H_2O$	1,48	128
Tulit	Epiđot	Zoizit chứa mangan		
Turingit	Clorit	$[(Si_{2-3}Al_{2-1}O_{10} \| (OH)_2](Fe^{2+} Fe^{3+}, Al)_3.(Mg, Fe^2+Fe^3+)_3 (O, OH)_6$	1,66	7
Uralit	Amfibol	Biến thể của actinolit		
Urarovit	Granat	$Ca_3 Cr_2 (SiO_4)_3$	1,85	0
Vavelit	Pegmatit	$Al_6(F, OH)_6 (PO_4)_4.9H_2O$	1,54	23
Vecmiculit	Clorit		1,54	20
Vecnerit		Xem Scapolit		
Vezuvian		Xem iđocra		
Viliomit	Nefelin	NaF	1,33	0-1
Visnevit	Felspatoit	$[(Si AlO_4)\| SO_4] Na_3 K_2$	1,49	0-1
Volastonit	Biến chất	$[SiO_3] Ca$	1,63	14
Volerit	Nefelin	$[SiO_4]_2\| F] Na Ca_2 Zr$	1,70	24
Xafirin	Biến chất	$[SiO_4 \| O_6] Mg_2 Al_4$	1,71	5
Xalit	Pyroxen	$[SiO_3]_2 Ca (Mg, Fe)$	1,70	30

1	2	3	4	5
Xenotim		$[PO_4]$ Y	1,77	101
Xcolexit	Zeolit	$[Si_3Al_2O_{10}]_2$ Ca.3H_2O	1,52	7
Xecpofit	Secpentin	2SiO_2, 3MgO.3H_2O	1,53	0
Xepiolit	Secpentin	$[Si_6O_{15}\vert(OH)_2]Mg_4.6H_2O$	1,52	15
Xcrixit		Hydromutcovit		
Xiđerit		CO_3Fe	1,75	242
Xiđcrofilit	Mica	$[Si_5Al_3O_{20}\vert(OH)]_2K_2Fe_5$ Al	1,65	52
Ytorolit	Pegmatit	(Ta, Nb) O_4(Y, Fe, U, Ca)	2.15	0
Ytrotantalit	Pegmatit	(Ta, Nb) O_4(Y, Fe, U, Ca)	2.15	0
Zircon		$[SiO_4]Zr$	1,97	50
Zinvanđit	Mica	$[Si_3AlO_{10}\vert(F, OH)_2]$ KLi, Fe Al	1,57	31
Zoizit	Epiđot	$[Si_2O_7\vert SiO_4\vert OH\vert O]$ Ca_2Al_3	1,70	5

PHỤ LỤC V

Khoáng vật trọmg sa và phương pháp xác định

A- Phân loại khoáng vật trọng sa

B- Phương pháp xác định các khoáng vật trọng sa chủ yếu theo một số tính chất đặc trưng

Bảng 13.3. Trọng lượng riêng của các khoáng vật trọng sa

TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng	TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng
1	Iantar	1,05 - 1,09	9	Beryl	2,63 - 2,91
2	Opal	1,9 - 2.5	10	Thạch anh	2,65 - 2,66
3	Microclin	2,54 - 2,57	11	Biotit	2,7 - 3,1
4	Clorit	2,54 - 3,45	12	Canxit	2,71
5	Ortocla	2,56 - 2,58	13	Anoctit	2,75 - 2,76
6	Cordierit	2,57 - 2,66	14	Muscovit	2,76 - 3,1
8	Cancedon	2,6 - 2,64	15	Volastonit	2,8 - 2,9

TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng	TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng
16	Lepidolit	2,8 - 3,3	56	Anata	3,82 - 3,95
17	Fenarkit	2,79 - 3	57	Siderit	3,83 - 3,98
18	Tremolit	3,0 - 3,3	58	Brukit	3,84 - 4,08
19	Artinolit	3,0 - 3,2	59	Malachit	3,9 - 4,03
20	Horblen	3,0 - 3,5	60	Sphalerit	3,9 - 4,1
21	Turmalin	3,01 - 3,22	61	Corindon	3,95 - 4,1
22	Fluorit	3,01 - 3,25	62	Ampangabeit	3,97 - 4,29
23	Erkla	3,05 - 3,1	63	Peropkit	4,0
24	Lazulit	3,1	64	Gadolimit	4,0 - 4,5
25	Enstatit	3,1 - 3,3	65	Pycotit	4,08 - 4,1
26	Spodumen	3,13 - 3,2	66	Cancopyrit	4,01 - 4,3
27	Angdaluzit	3,15 - 3,2	67	Cromit	4,1 - 4,9
28	Apatit	3,17 - 3,25	68	Rutin	4,18 - 4,25
29	Bromzit	3,2 - 3,5	69	Pyroclor	4,2 - 4,36
30	Kim cương	3,2 - 3,5	70	Smitsonit	4,3 - 4,45
31	Diopxit	3,2 - 3,38	71	Barit	4,3 - 4,6
32	Ogit	3,2 - 3,6	72	Xenotim	4,45 - 4,59
33	Silimanit	3,23 - 3,24	73	Inmenit	4,5 - 5,0
34	Aksinit	3,25 - 3,3	74	Torit	4,5 - 5,0
35	Zoizit	3,25 - 3,37	75	Branerit	4,5 - 5,4
36	Epidot	3,25 - 3,5	76	Antimonit	4,52 - 4,62
37	Diumotenit	3,25 - 3,36	77	Pyrotin	4,58 - 4,65
38	Olivin	3,27 - 3,37	78	Zircon	4,68 - 4,7
39	Granat	3,3 - 4,3	79	Molipdenit	4,7 - 5,8
40	Klinozoizit	3,35 - 3,38	80	Blomstrandit	4,7 - 5,04
41	Vezuvian	3,35 - 3,45	81	Pyroluzit	4,73 - 4,86
42	Hyperten	3,4 - 3,5	82	Braonit	4,75 - 5,04
43	Auripimen	3,4 - 3,5	83	Hematit	4,9 - 5,3
44	Sfen	3,4 - 3,56	84	Monazit	4,9 - 5,3
45	Topa	3,4 - 3,6	85	Esinit	4,93 - 5,17
46	Reanga	3,5 - 3,6	86	Basnezit	4,94
47	Cristoberyl	3,5 - 3,8	87	Pyrit	4,95 - 5,1
48	Spinel	3,5 - 4,1	88	Magnetit	5,16 - 5,18
49	Ortit	3,5 - 4,2	89	Columbit - Tantalit	5,36
50	Leucoxen	3,5 - 4,5	90	Cancozin	5,5 - 5,8
51	Kianit	3,56 - 3,67	91	Badeleit	5,5 - 6,0
53	Benitoit	3,65	92	Sarmakit	5,6 - 5,8
54	Storolit	3,65 - 3,77	93	Fergiusonit	5,8
55	Azurit	3,77 - 3,89	94	Echvegeit	5,87

TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng	TT	Tên khoáng vật	Trọng lượng riêng
95	Sheelit	5,9 - 6,1	110	Ferberit	7,49
96	Arsenopyrit	5,9 - 6,2	111	Kinova	8,0 - 8,2
97	Cobantin	6,1 - 6,3	112	Torianit	8,0 - 9,7
98	Bismutinit	6,4 - 6,5	113	Petxit	8,3 - 9,02
99	Seruxit	6,46 - 6,57	114	Hessit	8,31 - 8,45
100	Vanadinit	6,66 - 7,1	115	Đồng tự sinh	8,8 - 8,9
101	Vunfenit	6,67 - 7	116	Paladi - antimonit	9,5
102	Hupnerit	6,67 - 7,3	117	Bismut tự sinh	9,8
103	Wonframit	6,7 - 7,5	118	Bạc tự sinh	10,1 - 11,1
104	Casiterit	6,8 - 7,1	119	Paladi tự sinh	10,8 - 11,8
105	Kẽm tự sinh	6,9 - 7,2	120	Chì tự sinh	11,4
106	Bismutit	7,0	121	Platin tự sinh	14 - 19
107	Thiếc tự sinh	7,2	122	Vàng tự sinh	15,6 - 19,3
108	Sắt tự sinh	7,3 - 7,8	123	Osmi - iridi	19,38 - 19,47
109	Galenit	7,4 - 7.6	124	Iridi	19,3 - 21,12

Bảng 13.4. Các khoáng vật nhóm từ tính

Từ tính mạnh		Từ tính trung bình		Từ tính yếu	
1	Sắt tự sinh	6	Amphibol tối màu	27	Amphibol sáng màu
2	Magnetit	7	Biotit	28	Brannarit
3	Titanomagnetit	8	Blomstradit - Pridrit	29	Gadolinit
4	Pyrotin	9	Wonframit	30	Xenotim
5	Platin có từ tính	10	Hematit	31	Granat sáng màu
		11	Granat sẫm màu	32	Monazit
		12	Inmenit	33	Ortit
		13	Columbit	34	Pyroxen sáng màu
		14	Tantalit	35	Pyroclor
		15	Limonit	36	Sphen
		16	Pycotit	37	Turmalin nhạt màu
		17	Pyroxen tối màu	38	Spinel sáng màu
		18	Pyroluzit	39	Andaluzit
		19	Psilomelan	40	Antimonit
		20	Samarkit	41	Arsnopirit
		21	Turmalin tối màu	42	Bismutin
		22	Ferberit	43	Vezuvian
		23	Fergrinkonit		
		24	Cromit		
		25	Epydot		
		26	Esinit		

Bảng 13.5. Các khoáng vật trọng sa không có từ tính

1	Azurit	24	Grinbnerit	47	Spodumen
2	Akxinit	25	Vàng tự sinh	48	Storolit
3	Kim cương	26	Iridiosmin	49	Sphalerit
4	Anata	27	Casiterit	50	Topa
5	Andaluzit	28	Kianit	51	Thorianit
6	Antimonit	29	Kinova	52	Thoris
7	Arsenopyrit	30	Klinozoizit	53	Bạc tự sinh
8	Auripimen	31	Cobantin	54	Siderit
9	Achroit	32	Corindon	55	Silimanit
10	Balendit	33	Malachit	56	Tremonit
11	Barit	34	Đồng tự sinh	57	Fernarkit
12	Benitoit	35	Molipdenit	58	Fluorit
13	Achroit	36	Thiếc tự sinh	59	Cancozin
14	Beryl	37	Paladin tự sinh	60	Cancopyrit
15	Bismutin	38	Perovskit	61	Crystoberyl
16	Braunit	39	Pyrit	62	Seruxit
17	Brukit	40	Pyroxen sáng màu	63	Zircon
18	Vanadinit	41	Platin tự sinh	64	Zoizit
19	Vezuvian	42	Racpit	65	Sheelit
20	Bismutin	43	Reanga	66	Spinen
21	Vunfenit	44	Rutin	67	Evkla
22	Galenit	45	Chì tự sinh		
23	Hecit	46	Smitsonit		

Bảng 13.6: Nhóm khoáng vật điện từ

Có điện từ			
Điện từ trung bình		Điện từ yếu	
Trong suốt	Không trong suốt	Trong suốt	Không trong suốt
Đẳng hướng		*Đẳng hướng*	
1. Granat	1. Wonframit	1. Spynel	1. Uraninit
Dị hướng	2. Hematit	2. Sphalerit	2. Braonit
1. Ogit	3. Inmenit	*Dị hướng*	3. Bismutil
2. Hypecten	4. Columbit	1. Andaluzit	
3. Turmalin	5. Limonit	2. Vezuvian	
	6. Piroluzit	3. Diopxit	
	7. Cromit	4. Monazit	
	8. Loparit	5. Olivin	
	9. Cromspinel	6.Ortit	
		7. Storolit	
		8. Sfen	

Bảng 13.7. Nhóm khoáng vật không điện từ nặng, phụ nhóm không trong suốt

Ampangabeit Antimonit Arsenopyrit Bismut tự sinh Hecxit	Hubnerit Vàng tự sinh Carbonat Kinova Cobaltin Lorit Leucoxen Đồng tự sinh	Molipdenit Thiếc tự sinh Osmi Iridi Paladi Pyrit Platin Chì tự sinh	Kẽm tự sinh Bạc tự sinh Sperilit Cancopyrit Cancozin Uraninit Thorianit

Bảng 13.8. Nhóm không điện từ nặng Phụ nhóm trong suốt, đẳng hướng quang học

Kim cương Ortit Spinel Pyroclor	Sphalerit Linixit Romeit	Malakon Fluorit Perokit Echvegeit

Bảng 13.9. Khoáng vật nhóm không điện từ nặng Phụ nhóm trong suốt, dị hướng, chiết suất < 1,7

Không màu và sáng màu	Màu xanh	Vàng và nâu	Đỏ và tím
Apatit Gamlinit Glorelikeit Siderit Smitsonit Turmalin	Apatit Smitsonit Turmalin	Siderit Smitsonit Turmalin Fenarkit Florenxit	Apatit Turmalin Fenarkit

Bảng 13.10. Khoáng vật nhóm không điện từ nặng
Phụ nhóm trong suốt, dị hướng, lưỡng chiết suất < 1,7

Không màu và sáng màu	Màu xanh	Vàng và nâu	Đỏ và tím
Fenarkit	Arcinit	Arcinit	Arcinit
Arcinit	Artinolit	Andaluzit	Andaluzit
Andalusit	Andaluzit	Antofilit	Barit
Barit	Antofilit	Barit	Volastonit
Volastonit	Barit	Volastonit	
Diopxit	Diopxit	Muscovit	
Olivin	Malachit	Olivin	
Silimanit	Olivin	Felspat	
Spodumen	Felspat	Silimanit	
Topa	Silimanit	Spodumen	
Tremolit	Spodumen	Topa	
Enstatit	Topa	Ebkla	
	Ebkla	Enstatit	
	Enstatit		
	Lazulit		

Bảng 13.11. Khoáng vật nhóm không điện từ nặng
Phụ nhóm trong suốt, dị hướng, chiết suất > 1,7

Không màu và sáng màu	Màu xanh	Vàng và nâu	Đỏ và tím
Benitoit	Anata	Anata	Anata
Casiterit	Benitoit	Basnerit	Vanadinit
Corindon	Vezuvian	Vanadinit	Vezuvian
Xenotim	Vunfenit	Vezuvian	Casiterrit
Siderit	Casiterit	Vulfenit	Kinova
Smitsonit	Corindon	Casiterit	Corindon
Zircon	Smitsonit	Corindon	Xenotim
Sheelit	Zircon	Xenotim	Rutin
	Stolxit	Rutin	Thorit
		Siderit	Zircon
		Smitsonit	
		Thorit	
		Zircon	
		Sheelit	
		Stonxit	

Bảng 13.12. Nhóm không điện từ nặng, phụ nhóm trong suốt dị hướng quang học, có lưỡng chiết suất > 1,7

Không màu và sáng màu	Màu xanh	Vàng và nâu	Đỏ và tím
Badeleit	Ogit	Ogit	Clinozoizit
Diaspo	Azurit	Oripinen	Monazit
Kianit	Hypecten	Badeleit	Sfen
Clinozoizit	Kianit	Brukit	Zoizit (tulit)
Monazit	Clinozoizit	Hypecten	Reanga
Sfen	Malachit	Diaspo	
Fayelit	Monazit	Clinozoizit	
Seruxit	Crysoberyl	Monazit	
Zoizit	Zoizit	Ortis	
	Epidot	Racpit	
		Storolit	
		Sfen	
		Torolit	
		Fayalit	
		Epidot	
		Tripgit	
		Seruxit	

Bảng 13.13. Nhóm không điện từ nhẹ

STT	Khoáng vật	STT	Khoáng vật	STT	Khoáng vật
1	Beryn	4	Cocđierit	7	Mica
2	Canxit	5	Opan	8	Clorit
3	Thạch anh	6	Felspat	9	Ianta

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH KHOÁNG VẬT TRỌNG SA

Bảng 13.14. Nhóm nhẹ, không điện từ (d < 2,9)

STT	Khoáng vật	Màu sắc	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Thạch anh SiO_2	Trắng, không màu, vàng, hồng, nâu...	2,65	Rất phổ biến trong sa khoáng, gặp dưới dạng tinh thể hay mảnh vỡ lăng trụ, hình tháp hoặc các hạt tròn cạnh.

1	2	3	4	5
2	Felspat *	Trắng, vàng hồng, xanh đỏ	2,5 - 2,9	Rất phổ biến trong sa khoáng dưới dạng các hạt tròn cạnh hay dạng khác.
3	Mica (biotit, muscovit)*	Không màu nâu, xanh đen	2,7 - 3,1	Thường gặp dạng tấm, rất dễ tách theo mặt cát khai hoàn toàn (001)
4	Canxit $CaCO_3$	Không màu trắng, vàng đỏ, nâu	2,6 - 2,8	Hạt không đều, hiếm khi gặp tinh thể. Do độ cứng thấp và nhẹ nên bị phá huỷ rất nhanh.
5	Beryl $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$	Không màu, xanh, vàng	2,6 - 2,9	Các tinh thể lăng trụ, các hạt tròn trĩnh. Trên các lăng trụ có những vết kẻ dọc.
6	Clorit*	Xanh, hồng tím	2,6 - 2,85	Tấm hay vảy nhỏ dẻo như mica, nhuộm màu xanh với ánh xà cừ.
7	Cocdierit $Al_3(Mg, Fe)_2[Si_5AlO_{18}]$	Xanh da trời xám, xanh vàng	2,6 - 2,66	Bị mài mòn nhẹ, hạt bị dập vỡ, đôi khi dạng mặt thoi.

* Biotit: $K_2O.6(Mg,Fe)O.Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O$
Muscovit $K_2O.6SiO_2.2H_2O$
Felspat $(Na,K)[AlSi_3O_8]$, $Ca[AlSi_2O_8]$
Cloritoit $Fe_2Al_2[Al_2Si_2O_{10}][OH]_4$

Bảng 13.15. Nhóm từ tính

STT	Khoáng vật	Màu sắc	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	Magnetit Fe_3O_4	Đen	5,16 - 5,18	Thường gặp dưới dạng hạt 8 mặt với vết khía, hoặc các hạt tròn cạnh. Đôi khi nhiễm màu nâu limonit.
2	Pyrotin Fe_nS_{n+1}	Vàng đồng đỏ	4,58 - 4,7	Rất hiếm gặp trong sa khoáng với các hạt dạng khác nhau.
3	Polixen (Pt, Fe)	Trắng bạc, xám thép	14 - 19	Hạt tròn hoặc bị bóp dẹt và những mảnh vỡ không đều. Đôi khi trên mặt bám vết nâu của oxyt sắt.
4	Sắt tự sinh Fe	Xám thép, đen sắt	7 - 7,8	Hiếm gặp trong sa khoáng. Trong nhóm từ tính thường có mặt các mảnh, các phoi sắt.

Bảng 13.16. Nhóm điện từ, phụ nhóm không trong suốt, dị hướng

STT	Khoáng vật	Màu	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	Limonit $Fe_2O_3.nH_2O$	Nâu, vàng son	3,3 - 4	Các hạt có hình dáng khác nhau, thường giả hình theo pyrit, magnetit, hematit. Hoà tan nhẹ bởi HCl.
2	Inmenit $FeTiO_3$	Đen	4,5 -5	Hạt bị mài không đều hoặc còn góc cạnh. Đôi khi dạng tấm sắc cạnh, mặt bị mòn, sau khi nóng chảy với $K_2S_2O_7$ cho phản ứng Ti.
3	Hematit Fe_2O_3	Xám thép, nâu đỏ	4,9 - 5,3	Hạt có hình dạng khác nhau, đôi khi có các vết nứt. Hoà tan trong HCl đậm đặc. Phân biệt với inmenit và wonframit với phản ứng Ti và W
4	Wonframit (Mn, Fe)WO_4 Fecberit $FeWO_4$ Hupnerit $MnWO_4$	Đen, nâu đen	6,7 - 7,5	Các tinh thể dạng tấm với mặt cắt khá hoàn hảo theo (010) hoặc các hạt có dạng khác nhau, đôi khi lăng trụ. Thường thấy màu hồng phản chiếu bên trong, nóng chảy với soda và nitrat kali sẽ nhuộm màu xanh. Cho phản ứng W
5	Cromit $FeCr_2O_4$	Đen, nâu đen	4,1 - 4,9	Tinh thể 8 mặt, bị mài mòn lõm xuống, mặt không phẳng, góc cạnh, hoà tan với soda cho phản ứng Cr
6	Pirolusit MnO_2 Psilomelan $MnO.MnO_2.H_2O$	Đen, xám thép	4,7 - 5	Tập hợp dạng đất, ẩn tinh hay hạt dễ vỡ. Hoà tan trong HCl thoát ra khí Cl_2, cho phản ứng Mn
7	Tantalit Columbit $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$	Đen xám đen nâu	5,05 - 8,2	Tinh thể lăng trụ hay tấm mỏng hình tháp. Sau khi tan với $K_2S_2O_7$ bị phủ một màng mỏng màu xanh da trời. Cho phản ứng với tantan.
8	Uraminit UO_2	Đen	10,3 - 10,6	Tinh thể lập phương bị mài mòn nhẹ. Rất hiếm gặp trong mẫu đãi

Bảng 13.17. Nhóm điện từ, phụ nhóm trong suốt, đẳng hướng

STT	Khoáng vật	Mầu	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	Granat $A_3B_3(SiO_4)_3$ A: Mg, Fe, Mn, Ca B: Al, Fe, Cr, Ti, Mn…	Đỏ, nâu, vàng, xanh đen	3,3 - 4,3	Các hạt hình khối, hình bậc thang và các dạng khác. Hiếm gặp những hạt không cân đối với vết vỡ vỏ sò
2	Piroclo (Na, Ca…)$_2$(Nb,Ti…)$_2$$O_6$ (Fe,OH)	Nâu xẫm, do đỏ	4,03 - 4,36	Hạt 8 mặt nhỏ hay nhiều dạng khác nhau. Rất hiếm.
3	Sphalerit ZnS	Nâu xám đen	3,5 - 4,2	Các hạt có dạng khác nhau, mặt cát khai rõ, ánh mỡ. Hiếm gặp các tinh thể dạng 4 phương. Hoà tan trong HNO_3 và HCl, thoát ra H_2S. Hiếm gặp trong mẫu trọng sa.
4	Spinel $MgAl_2O_4$	Hồng, nâu, xanh, xanh da trời không màu	3,5 - 4,1	Lăng trụ 8 mặt bị mài mòn hoặc các hạt có dạng khác nhau. Ánh thuỷ tinh hay ánh mỡ.

Bảng 13.18. Nhóm điện từ, phụ nhóm trong suốt, dị hướng

STT	Khoáng vật	Màu	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Amphibon Actinolit Antophilit Hocblen	Xanh, nâu, đen	2,8 - 3,6	Hạt lăng rụ kéo dài với mặt cắt khai theo trục dài, đôi khi hạt có dạng khác nhau. Khi đập nhỏ, các hạt có dạng kim nhỏ
2	Pyroxen Ogit Hypecten Điopxit	Xanh, nâu, đen	3,1 - 3,8	Nhìn bề ngoài giống amphibon nhưng cắt khai yếu hơn

1	2	3	4	5
3	Turmalin	Nâu, xanh xẫm đen, đôi khi xanh nước biển	3 - 3,2	Tinh thể kéo dài, dạng hình trụ ba phương không rõ, đôi khi trực thoi. Trên các hạt hình trụ có những vết khía dọc
4	Storolit $FeAl_4[SiO_4]_2O_2[OH]_2$	Nâu	3,65 - 3,77	Các tinh thể lăng trụ thoi, các hạt nửa mài mòn, thường có song tinh. Mặt tinh thể không bằng. Thường lẫn các vật chất khác như mica, sét và các khoáng vật khác
5	Sphen $CaTi[SiO_4]O$	Vàng nâu	3,29 - 3,56	Hình lăng trụ ngắn dạng nêm, dạng vát nhọn, dạng phong bì, ánh kim cương. Hoà tan trong $K_2S_2O_7$ cho phản ứng Ti
6	Olivin $(Mg,Fe)_2SiO_4$	Xanh, nâu	3 - 3,5	Các hạt lăng trụ hay đẳng thước, nửa phá huỷ. Trong mẫu trọng sa ít gặp
7	Octit $(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3(Si_3O_{12})[O,OH]$	Nâu, đen	3 - 4,2	Tinh thể lăng trụ, tấm, thường mài mòn không hoàn chỉnh
8	Monazit $(Ce,La...)PO_4$	Vàng, nâu đỏ, nâu	4,9 - 5,5	Hạt tròn cạnh đôi khi dạng hạt méo mó, hoà tan trong KOH cho phản ứng P
9	Xenotim YPO_4	Vàng, nâu hồng trắng	4,4 - 4,6	Lưỡng tháp 4 phương dày, lăng trụ thoi, lăng trụ dài, hạt tròn cạnh giống như zircon. Hạt bị mài mòn. Hoà tan trong KOH cho phản ứng với P.
10	Vezuvian $Ca_3Al_2[SiO_4]_2[OH]_4$	Nâu, xanh, hồng	3,34 - 3,44	Hạt lăng trụ hay tròn cạnh, không có từ tính hay yếu.

Bảng 13.19. Nhóm không điện từ, không trong suốt

STT	Khoáng vật	Màu	Trọng lượng riêng	Tính chất đặc trưng
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Pyrit FeS_2	Vàng thau	4,9 - 5,2	Tinh thể lập phương hay các hạt có dạng khác nhau. Trên mặt thường có các vết màu nâu của limonit. Hoà tan trong HNO_3
2	Arsenopyrit FeAsS	Trắng bạc, xám thép	5,9 - 6,2	Tinh thể dạng tấm hay hạt dạng khác nhau. Đôi khi có những vết đen. Hoà tan trong HNO_3, cho phản ứng As
3	Galenit PbS	Xám chì	7,4 - 7,6	Dạng tấm góc cạnh, hạt lập phương nhỏ hay các hạt có phân bậc trên mặt, có mặt cát khai. Đôi khi trên mặt có điểm các vết xerucit. Hoà tan trong HNO_3 cho phản ứng Pb
4	Molipdenit MoO_2	Xám chì	4,7 - 4,8	Dạng tấm 6 cạnh hoặc các hạt khác nhau với những vết cát khai trên mặt. Hoà tan trong HNO_3
5	Antimonit Sb_2S_3	Xám chì	4,5 - 4,6	Tập hợp 6 mặt như những sợi nối nhau và các hạt dạng khác nhau. Hoà tan trong HNO_3 và HCl cho phản ứng Sb
6	Bismutin Bi_2S_3	Xám chì, trắng thiếc	6,4 - 6,6	Hình khối hay hình trụ 6 mặt. Hoà tán trong axit, cho phản ứng Bi
7	Kinova HgS	Đỏ	8,0 - 8,2	Hạt tròn hay các dạng khác, ánh kim cương. Hoà tan trong axit, trong nước cường toan và hỗn hợp HCl + H_2O_2. Khi hạt kv tiếp xúc với soda đun nóng sẽ tách ra thuỷ ngân kim loại màu trắng bạc.

1	2	3	4	5
8	Cobantin CoAsS	Trắng bạc, xám thép	6,1-6,3	Hạt có dạng khác nhau. Hoà tan trong HNO_3 cho phản ứng As và Co
9	Cancopyrit	Vàng thau	4,1 - 4,3	Hạt có dạng khác nhau. Hoà tan trong HNO_3 cho phản ứng Cu
10	Vàng tự sinh Au	Vàng sáng	15,6-19,3	Hạt mài mòn dạng khác nhau, lớp mỏng, đôi khi dạng cành cây, khi vạch kim tạo thành vết
11	Platin Pt	Xám sáng	14-19	Các hạt mài mòn, bị ép dẹt hoặc quả cầu nhỏ, chỉ hoà tan trong nước cường toan
12	Bạc Ag	Xám bạc	10,1-11,1	Các hạt khác nhau hay dạng tấm, dễ hoà tan trong HNO_3, cho phản ứng Ag
13	Đồng Cu	Đỏ đồng	8,5 - 8,9	Dạng tấm hay dạng cành cây, không tan trong HCl nhưng tan trong HNO_3, cho phản ứng Cu
14	Leucoxen $TiO_2.nH_2O$	Trắng, nâu, vàng	3,5-4,5	Hạt tròn dạng sứ, đôi khi gặp dạng váng trên mặt inmenit
15	Kim cương C	Không màu	3,2-3,52	Hạt dạng khác nhau hoặc tinh thể lập phương. Rất hiếm
16	Torianit $(Th,U)O_2$	Đen	8,97-9,33	Tinh thể lập phương hoặc hạt khác nhau. Rất hiếm

Bảng 13.20. Nhóm không diện từ nặng. Phụ nhóm trong suốt. Đẳng hướng

TT	Khoáng vật	Màu sắc	Tỷ trọng	Tính chất đặc trưng
1	Fluorit CaF_2	Tím, xanh, vàng, không màu	3,18 - 3,2	Hạt không đều, đôi khi dạng lập phương hay tám mặt. Ánh thuỷ tinh, có tính phát quang. Bị phá huỷ bởi H_2SO_4
2	Spinit	Hồng, nâu, xanh da trời không màu	3,5 - 4,1	Thường gặp hạt tám mặt, 12 mặt thoi, có song tinh, mài mòn không đều. Ánh thuỷ tinh, không tác dụng với axít
3	Kim cương C	Không màu hơi hồng	3,2 - 3,5	Dạng tám mặt, không tác dụng với a xit.
4	Sphalerit ZnS	Nâu, hồng, vàng, hơi xanh	3,5 - 4,2	Gặp những hạt đều đặn, lập phương, bốn mặt. Trên mặt có vết khía hình tam giác. Ánh kim cương. Hoà tan trong HNO_3, HCl, thoát ra H_2S.
5	Peropskit $CaTiO_3$	Vàng, nâu, đen	3,97 - 4,04	Tinh thể lập phương, mặt có vết khía. Rất hiếm.
6	Piroclor $(Na, Ca...)_2 (Nb, Ti)_2 0_6$	Hồng, vàng, nâu	4,03 - 4,36	Hạt nhỏ dạng tám mặt, bị mài mòn không đều. Rất hiếm
7	Granat (pirop, anmandin, Specxactin, grosule Andrazit uvanrovit)	Không màu, hồng nhạt, nâu, vàng đỏ, đen tuỳ loại của chúng		Tinh thể dạng 12 mặt thoi, 24 mặt tứ giác. Các mặt có dọc song song với đường chéo. Ánh thuỷ tinh, ánh mỡ, vết vỡ vỏ sò. Có mặt trong nhóm điện từ.

Bảng 13.21. Nhóm không điện từ nặng

Phụ nhóm trong suốt, dị hướng

TT	Khoáng vật	Màu sắc	Tỷ trọng	Tính chất đặc trưng
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Casiteriit SnO_2	Không màu, nâu, hồng, đen	6,8 - 7,1	Lăng trụ, hai tháp bốn phương. Trên các hạt thấy các nứt nẻ. Đôi khi gặp song tinh. Ánh kim cương, ánh mỡ. Đặt hạt casilenit trên tấm kẽm, nhỏ HCl vào sẽ để lại dấu màu trắng của Sn kim loại.
2	Zircon $ZrSiO_4$	Không màu, vàng, nâu hồng	4,68 - 4,7	Hạt có dạng khác nhau, đôi khi gặp hai tháp bốn phương bị mài mòn. Ánh kim cương, thuỷ tinh. Không tan trong axit. Trộn bột zircon với soda đun lên mới bị hoà tan.
3	Sheelit $CaWO_4$	Trắng, xanh nhạt, vàng	5,8 - 6,2	Hạt không đều, hiếm khi gặp tinh thể dạng tháp đôi hoặc lăng trụ 4 phương trên mặt có vết sọc chéo. Ánh kim cương, thuỷ tinh. Hoà tan trong HCl + HNO_3
4	Monazit (ce, la…) PO_4	Vàng, nâu, nâu hồng.	4,9 - 5,5	Hạt tròn cạnh, dạng tấm, lăng trụ có tháp, có các vết sọc trên mặt. Ánh kim cương, ánh mỡ. Hoà tan trong KOH, cho phản ứng P. Có gặp trong nhóm điện từ.
5	Apatit $Ca_5\ [PO_4]_3$ (F,Cl)	Trắng, xanh xánh hồng, xanh da trời	3,17 - 3,23	Hạt tròn trĩnh, tấm, cột ngắn, lăng trụ sáu phương. Mặt không phẳng, thường mờ đục, có các sọc dọc. Hoà tan trong axit, tác dụng với molipđatamon cho phản ứng P.
6	Topa $Al_2[SiO_4]$	Không màu, vàng, xám, xanh, xanh da trời	3,4 - 3,6	Các hạt hay tinh thể lăng trụ, bị mài mòn dạng êlip, mặt không nhẵn.
7	Corindon Al_2O_3	Trắng, xám, xanh, hồng, vàng	3,9 - 4,1	Lăng trụ kéo dài, hai tháp sáu phương, đôi khi tấm mỏng với các khía chéo nhau, không tan trong axit.

1	2	3	4	5
8	Sphen CaTi SiO_4	Nâu, vàng, xanh nhạt	3,29 - 3,56	Hạt không đều, lăng trụ, hai tháp 4 phương, dạng phong bì. Ánh kim cương, hoà tan với $K_2S_2O_7$ cho phản ứng Ti.
9	Rutin TiO_2	Nâu, hồng, vàng, đen	4,2	Các hạt lăng trụ bốn phương, hai tháp 4 phương có các khía song song, gặp song tinh hình khuỷu. Ánh kim cương mạnh. Hoà tan với $K_2S_2O_7$ cho phản ứng Ti.
10	Anata TiO_2	Xanh, nâu, vàng, đen	3,8 – 3,9	Tinh thể hai tháp bốn phương hoặc tấm mỏng, có ánh kim cương, có những nét khía trên mặt. Hoà tan trong $K_2S_2O_7$, cho phản ứng Ti.
11	Kinova HgS	Đỏ, đỏ hồng	8 – 8,2	Hạt mài mòn không đều, dạng lăng trụ, khối mặt thoi 3 phương, tấm dày. Ánh kim cương đặc trưng. Hoà tan trong axit, trong dung dịch HCl, H_2O_2. Cho tiếp xúc với soda dun nóng sẽ giải phóng thuỷ ngân kim loại.
12	Barit $BAsO_4$	Trắng, vàng xanh nhạt	4,3 – 4,7	Những tấm mỏng có vết khía trên mặt, lăng trụ bị mài mòn yếu, khi di chuyển thường bị đập vỡ thành phiến nhỏ. Ánh thuỷ tinh hay xà cừ. Tan trong H_2SO_4 đặc, cho thêm nước vào dung dịch trở nên đục vì $BAsO_4$ kết tủa.
13	Xeruxit $PbCO_3$	Nâu, trắng, xám, vàng	6,4 – 6,6	Các hạt bị mài không đều. Đôi khi vết bám trên galenit hoặc dạng lăng trụ, hai tháp, dạng tấm, có song tinh. Hoà tan trong HCl thoát ra CO_2.
14	Malchit Cu_2 $[CO_3]$ $[OH]_2$	Xanh	3,9 – 4,1	Dạng hạt hay thể keo dạng vỏ, toả tia. Hoà tan trong HCl, thoát ra CO_2. Dung dịch cho phản ứng Cu.
15	Azurit Cu_3 $[CO_2]$ $[OH]_2$	Xanh	3,7 – 3,9	Hạt không đều, dạng keo, toả tia. Có phản ứng Cu như malachit.

1	2	3	4	5
16	Xenotim YPO_4	Vàng, nâu, hồng, trắng	4,4 – 4,6	Hai tháp 3 phương, lăng trụ ngắn, giả tấm mặt giống như zircon. Hạt mài mòn, dập vỡ không phẳng. Đun chảy bột nghiền với KOH hoà tan trong HNO_3, cho molipđat amon vào, dung dịch có màu vàng. Phản ứng P. Thường gặp trong nhóm điện tử.
17	Volastonit $CaSiO_3$	Trawngs, xám, nâu	2,78 – 2,91	Tinh thể lăng trụ, tấm, lá hoặc hạt tròn trĩnh hiếm gặp trong sa khoáng.
18	Vanađinit $Pb_5[VO_4]_3Cl$	Vàng, hồng, nâu	6,66 – 7,1	Các hạt dạng khác nhau thường dài, tinh thể dạng lăng trụ, ít gặp hay hiếm gặp trong sa khoáng.
19	Vunferit $PbMoO_4$	Vàng đồng, nâu xám	6,3 – 7	Hạt dạng khác nhau, hoặc tinh thể tháp đôi hoặc tấm dễ vị gãy vỡ. Ánh kim cương, ánh mỡ.
20	Crisoberyl BeS_2O_4	Vàng, xanh	3,5 – 3,84	Các hạt dày, lăng trụ thường có khía dọc song song trên mặt. Ánh thuỷ tinh.
21	Spođumen $LiAl[Si_2O_6]$	Trắng, hồng, xanh nhạt	3,13 – 3,2O	Lăng trụ hay dạng tấm các mặt có vết sọc đứng không tan trong a xit.
22	Thorit $ThSiO_4$	Đen, nâu, vàng	4,8 – 5,4	Các hạt nhỏ bị mài mòn không đều, các tinh thể bốn phương ít gặp hơn. Ánh thuỷ tinh, mỡ, hoà tan trong HCl thành dạng keo silic, với borắc trong phản ứng ống thổi cho hạt màu da cam.
23	Amphibol (Actinolit, Ansophylit, Hocnblen)	Xanh, nâu, đen	2,8 – 3,6	Hạt lăng trụ kéo dài với các khía dễ tách theo trục dài. Khi bị đập vỡ tạo thành dạng hình kim nhỏ. Đôi khi hạt tròn trĩnh.
24	Pyroxen (Ogit, Hypecten, Điopxit, Enslalit)	Xanh, nâu đen	3,1 – 3,8	Hạt hình lăng trụ ngắn, hình tấm. Bề ngoài giống amphibol nhưng tính dễ tách yếu hơn. Đôi khi có các vết khía. Ánh: thuỷ tinh.
25	Olivin	Xanh ô liu, vàng phớt lục, không màu.	3 – 3,5	Hạt lăng trụ, hay bị mài mòn, hay bị vỡ, vết vỡ không phẳng. Ánh thuỷ tinh. Hiếm gặp trong sa khoáng, chỉ khi gần mỏ gốc. Bị phá huỷ bởi H_2SO_4 tạo thành keo silic.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Бетехтин А. Г. *Минералогия.* Госгеолиздат, 1950.
2. Билибин Ю. А. *Основы геологии россыпей.* Изд. АН СССР, Москва,1955.
3. Бирюков В.И., Куличикин С. Н., Трофимов Н. Н. *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.* Изд. "Недра", Москва, 1979.
4. Nguyễn Văn Chiển, Trịnh Ích, Phan Trường Thị. *Thạch học.* Nxb Đại học và THCN., Hà Nội, 1973.
5. Nguyễn Văn Chữ. *Địa chất khoáng sản.* Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội, 1978.
6. Derman M. *Precis de geomorphologie.* Massou et C. Editeur. Paris, 1965.
7. Dovjicov A. E. *Địa chất Việt Nam.* Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1965.
8. Guilbert J. T., Park Ch. F. *The geology of dradeporsits.* New York, 1986.
9. Gruszczyk H. *Metodyka posznkiwan zloz kopalin stalych.* Wyd. "Geologiczne", Warszawa, 1986.
10. Копченова Е. В. *Минералогический анализ шлихов.* Госгеолтеиздат, Москва, 1951.
11. Крейтер В. М. *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.* Гостгеолтехиздат, Москва, 1960. Bản dịch (Nguyễn Huy Sính, Đặng Xuân Phong), Đại học Bách khoa, 1964.
12. Кухаренко А. А. *Минералогия россыпей.* Госгеолтехиздат, 1961.
13. McClay K. R. *The Mapping of geological structures.* Handbook series editor – Keith Cok. 1999.
14. Milner H. B. *Петрография осадочных пород (перевод с английского).* Изд. "Недра", Москва, 1968.
15. Нестеренко Г. В. *Происхождение россыпных месторождений.* Изд. Наука, Новосибирск. 1977.
16. Логвиненко Н. В. *Петрография осадочных пород.* Изд. "Высшая школа", 1974.
17. Đặng Xuân Phong. *Cấu trúc địa chất và sự tạo quặng mỏ chì kẽm.* Boleslav, Ba Lan. Luận án Tiến sĩ, 1971.

18. Đặng Xuân Phong. *Cơ sở địa chất và các phương pháp tìm kiếm khoáng sản*. Giáo trình Đại học Mỏ - Địa chất, 1977.
19. Đặng Xuân Phong, Nguyễn Phương và nnk. *Phương pháp tìm kiếm khoáng sản rắn*. Nxb Xây Dựng, Hà Nội, 2002.
20. Đặng Xuân Phong, Nguyễn Thị Trang, Phạm Thị Mai. *Phương pháp tìm kiếm trọng sa*. Nxb Xây dựng, 2006.
21. Đặng Xuân Phú. *Đặc điểm địa hoá khoáng vật vỏ phong hoá các đá ở đới khô nóng Thuận Hải*. Luận án Tiến sĩ, 2006.
22. Романович П. Ф. *Месторождения неметаллических полезных ископаемых*. Изд. Недра, Moskва, 1986.
23. Романович И. Ф., Филиппова И. А., Тимофиев П.П. *Геология полезных ископаемых*. Изд. Недра, Moskва, 1992.
24. Routhier P... *Les gisements metalliferes*. Paris, 1972.
25. Schneiderhohn H. *Zloz rud* (dịch từ tiếng Đức). Warszanwa, 1962.
26. Смирнов С. С. *Зона окисления сульфидных месторождений*. Изд. АН СССР Ленинград, 1955.
27. Smirnov V. I. *Địa chất khoáng sản*. Nxb "Lòng đất", Mockva, 1989.
28. Smolarska I., Đặng xuân Phong, Gruszczyk H. *Brescias in the Silesian – Krakow Zinc and Lead Ore deposits*. Bull. de L'Academie Polonaise des Sciences. Vol. XX. Varsovi, 1972.
29. Smolaska I., Đặng Xuân Phong, Gruszczyk H. *Brekcje w stratyfikowanych zlozach rud cynku i uowiu Slonske – Krakow*. K wart. Geol. Polski. No. 2, 1972.
30. Страхов Н. М. *Геология осадочных пород и руд*. Изд. Наука, Moskва, 1968.
31. Чухров Ф. В., Петровская Н.В., Дономанова Е. И. *Типоморфизм минералов*. "Наука", Moskва, 1969.
32. Trần Văn Trị... *Tài nguyên khoáng sản Việt Nam*. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, 2000.

MỤC LỤC

CẨM NANG ĐỊA CHẤT
TÌM KIẾM - THĂM DÒ KHOÁNG SẢN RẮN

Chịu trách nhiệm xuất bản:
BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:	ĐÀO NGỌC DUY
Chế bản điện tử:	TRẦN KIM ANH
Sửa bản in :	ĐÀO NGỌC DUY
Bìa:	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 700 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 530-2006/CXB/16-41/XD, ngày 10-7-2006. In xong nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2006.



TS. ĐẶNG XUÂN PHÚ
Tiến sĩ, 2006, tại Hà Nội
ĐT: 047.840.416 - Mobile: 0904291719
E-mail: Xuanphu_Dang@yahoo.com

Đã chủ trì và tham gia nhiều đề tài nghiên cứu khoa học, phục vụ sản xuất, lập và thi công một số dự án tìm kiếm và thăm dò khoáng sản như bauxit, vàng...

Đã công bố hàng chục công trình khoa học bài báo và báo cáo khoa học

Hiện là Kỹ sư trưởng Công ty Zedex Minerals Limited.

CẨM NANG ĐỊA CHẤT

TÌM KIẾM - THĂM DÒ KHOÁNG SẢN RẮN



6X-605 / XD- 2006 974 - 2006

Giá : 52.000đ